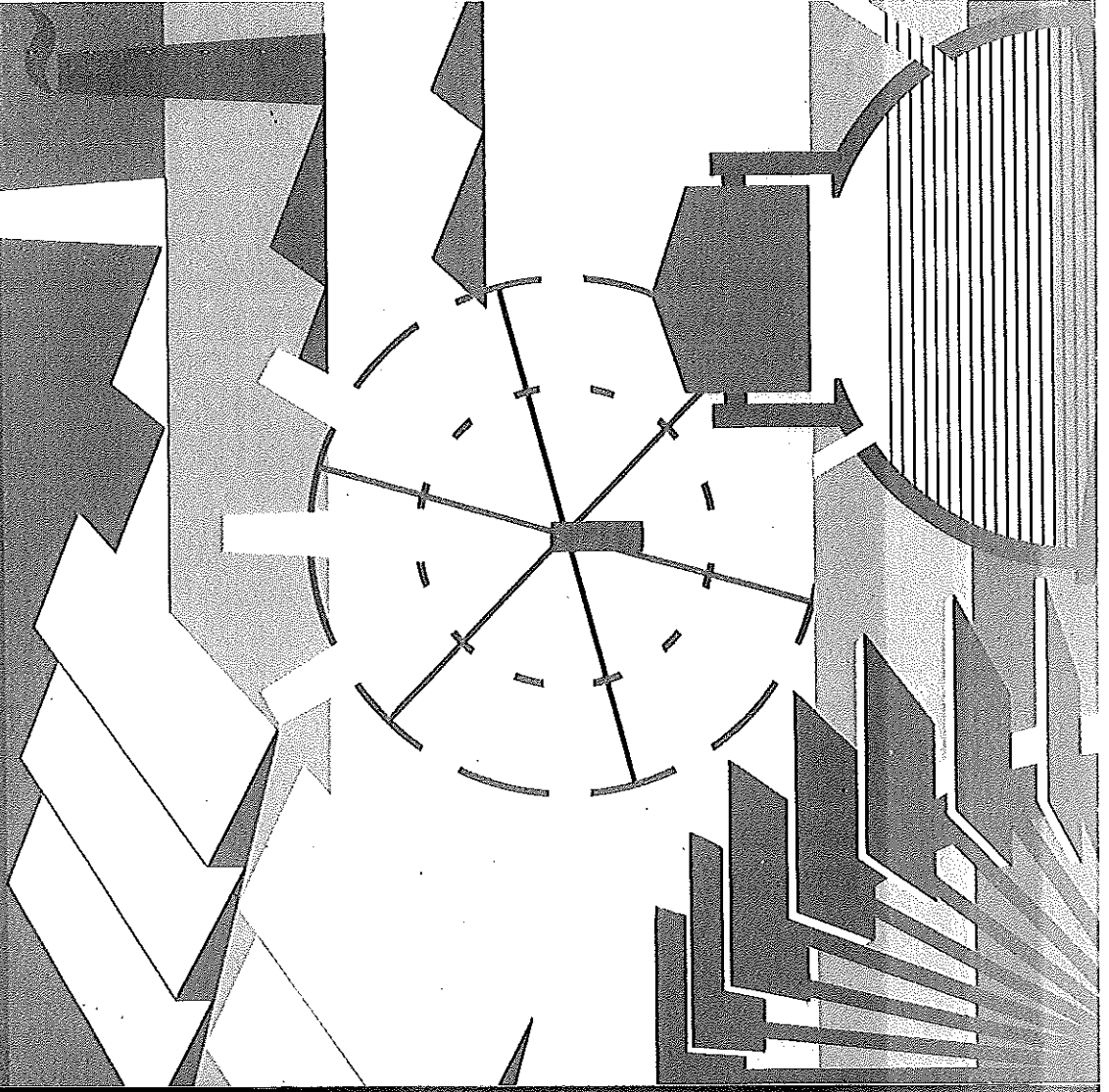
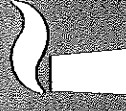


Fritz Fink, Gerard Oertel

Guide de calcul de rentabilité pour projets d'investissement dans le secteur énergétique



Investissements dans le secteur énergétique —
Guide de calcul de rentabilité

Horst Finck, Gerhard Oelert

Guide de calcul de rentabilité pour projets d'investissement dans le secteur énergétique

Horst Finck
Gerhard Oelert

Eschborn, 1985

Préface

Quiconque se voit chargé aujourd'hui de la planification ou de la réalisation de projets de développement se trouve inévitablement confronté à des problèmes d'énergie. Face à la pénurie énergétique mondiale, il importe, également dans les pays en développement, de tout mettre en oeuvre en vue d'une utilisation rationnelle des sources d'énergie disponibles. Les aspects réclamant la plus grande attention sont la préservation à long terme des ressources nationales, leur exploitation raisonnable du point de vue écologique ainsi que l'indépendance à l'égard des importations de pétrole et autres énergies primaires. Dans tous les projets qui ont pour but la production d'énergie ou engendrent la consommation d'énergie, le choix d'une filière d'approvisionnement aussi avantageuse que possible est une nécessité de plus en plus impérieuse.

Sous le coup de la tendance ascendante des prix du pétrole enregistrée depuis quelques années, l'éventail des possibilités ira en s'élargissant, surtout dans le domaine des énergies renouvelables. Malgré tout, les grands espoirs fondés sur ces énergies, en particulier dans les pays en développement, correspondent plus souvent à des visions optimistes qu'à une appréciation lucide des possibilités techniques actuelles. Néanmoins, les options faisant appel à des énergies de substitution peuvent dans certains cas élargir considérablement le champ des possibilités s'offrant au planificateur en quête de formules énergétiques appropriées et rationnelles.

Pour pouvoir faire un choix judicieux répondant parfaitement aux exigences d'une situation donnée, il faut disposer de méthodes et de critères de sélection appropriés. Le service 34 "Exploitations minières, énergie" du département 3 "Infrastructures" de la GTZ élabore actuellement, en collaboration avec d'autres services, un système d'"energy budgeting" devant permettre l'établissement de bilans énergétiques dans le cadre de projets de développement. L'une des composantes principales de ce système est l'appréciation de la rentabilité des solutions adoptées en matière d'approvisionnement en énergie, celui-ci représentant souvent une part démesurée des frais d'exploitation ou de production et méritant donc une attention particulière.

Dans ce guide, nous avons, à l'intention des lecteurs des publications de la GTZ, regroupé les instruments essentiels dont ils auront besoin pour vérifier et apprécier, sous l'angle de l'économie de l'entreprise, les avantages présentés par des projets d'investissement dans le domaine de l'approvisionnement en énergie. Ces instruments, bien entendu, ne suffisent pas à eux seuls pour juger du bien-fondé d'un projet donné car ils ne tiennent compte ni des effets écologiques et socio-économiques ni des répercussions macro-économiques. Ils ne font pas moins partie des outils essentiels de la panoplie du planificateur.

Cet ouvrage a été réalisé dans l'intention d'aider les intéressés à mieux appréhender les problèmes de décision dans leur contexte technico-économique. Il a pour but de familiariser les praticiens de la coopération au développement avec les instruments de calcul de rentabilité usuels tout en faisant ressortir leurs avantages et leurs inconvénients au niveau de l'appréciation de projets énergétiques.

Les auteurs ont opté pour un langage résolument orienté vers la pratique et les nombreux exemples de calcul fournis sont un rappel constant de la réalité concrète. Ainsi conçu, ce guide aide les non-initiés qui abordent ce sujet pour la première fois à surmonter leurs appréhensions. Il n'est donc pas réservé uniquement à ceux qui de par leur profession ont à s'occuper de projets énergétiques mais s'adresse à tous ceux qui voient en l'amélioration de la rentabilité des projets de développement un défi permanent et nécessaire, même si les problèmes auxquels ils sont confrontés n'ont pas toujours trait à la mise en oeuvre d'énergie.

Dr.-Ing. Hinrich Eylers

Publié par
Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH,
Dag-Hammarskjöld-Weg 1+2, Postfach 5180, D 6236 Eschborn 1

Traduction
Claude Toulouse/Sylvie Duthil,

Production
typo-druck-rossdorf gmbh

Distribution
TZ-Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 36, D 6101 Rostdorf 1

ISBN 3-88085-251-0
ISSN 0723-9637

1/5860/1
Printed in Germany

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

Préface	5
Index des abréviations et symboles	9
Avant-propos	11
Bref aperçu d'une sélection de méthodes de calcul de rentabilité	12/ 13
A. Possibilités offertes par les sources d'énergie renouvelables et conditions requises pour leur exploitation	15
I. Energies renouvelables et énergies conventionnelles	15
II. Problèmes posés par l'optimisation technique et économique des systèmes énergétiques	17
B. Saisie et exploitation des données	21
0.1 Taux d'actualisation	24
0.2 Taux d'inflation général/ Taux de rendement réel	24
0.3 Taux d'inflation - énergie	25
0.4 Durée utilisation des installations	26
1.1 Frais d'investissement	26
1.2 Valeur résiduelle de l'installation/valeur de liquidation	27
2.1 Frais de personnel	29
2.2 Frais d'entretien et de réparation	29
2.3 Frais énergétiques	30
2.4 Matières consommables	30
2.5 Frais administratifs (sans les frais de personnel)	30
3.1 Impôts et redevances	31
3.2 Dépenses diverses	31
3.3 Total des dépenses courantes	31
4.1 Recettes provenant du projet d'investissement	31
4.2 Recettes diverses	32
4.3 Subventions	32
4.4 Total des recettes courantes	32
5.1 Cash-flows courants	32
5.2 Amortissements	32
5.3 Bénéfice	33
C. Méthodes de calcul de la rentabilité	35
I. Méthodes comptables utilisées pour le calcul de la rentabilité	35
1. Calcul comparatif des coûts	35
2. Etude comparative des annuités de dépenses (méthode comptable)	39
3. Calcul de la rentabilité	42
4. Calcul du délai simple de récupération	46
II. Méthodes dynamiques de calcul de la rentabilité	49
1. Méthode de la valeur actuelle nette	49
2. Méthode du taux de rendement interne	55
3. Méthode de l'annuité	58
4. Méthode de la comparaison des annuités de dépenses (méthode dynamique)	62
5. Calcul dynamique du délai de récupération	63

III. Le problème de l'inflation dans le calcul de rentabilité de projets d'investissement

65

IV. Analyse de sensibilité

71

Annexe I Etude de cas

79

Annexe II Glossaire

89

Annexe III Références bibliographiques

93

Annexe IV Tables d'intérêts composés

95

Index des abréviations et symboles

a	= Taux d'inflation
AN	= Annuité
AN_C	= Annuité des cash flows
AN_D	= Annuité de dépenses
AN_I	= Annuité des frais d'investissement
AN_L	= Annuité de la valeur de liquidation
B	= Bénéfice (cash-flow - amortissement comptable)
B_D	= Bénéfice dégagé par l'investissement différentiel
C	= Cash flow au moment ou dans la période $-t-$
C_M	= Capital moyen engagé par période
CDE	= Compagnie de distribution d'électricité
D_k	= Poste des dépenses ($k = I, II, \dots, n$)
e	= Facteur d'intérêt ($e = 1 + a/100$; a = taux d'inflation)
F	= Montant total des frais par période
$FA(i, t)$	= Facteur d'actualisation d'une série uniforme de versements (les facteurs d'actualisation d'une série uniforme pour les taux d'intérêt (i) de 1 à 30 % et les années (t) de 1 à 30 ainsi que la formule de calcul figurent à la table 3, annexe IV.)
F_C	= Frais courants par période
$FR(i, t)$	= Facteur de recouvrement (les facteurs de recouvrement pour les taux d'intérêt (i) de 1 à 30 % et les années (t) de 1 à 30 figurent à la table 2, annexe IV.)
I_t	= Dépenses d'investissement au moment ou dans la période $-t-$
i	= Taux d'actualisation (%)
i^*	= Taux de rendement réel (%)
IRR	= Taux de rendement interne (internal rate of return)
kW	= Kilowatt
kWh	= Kilowatt-heure
L	= Valeur de liquidation / valeur résiduelle
L_T	= Valeur de liquidation en fin de vie utile
l	= Litre

N_t = Versement net au moment ou dans la période -t-

n = Délai de récupération

η_{max} = Délai de récupération maximal exigé

p = Taux d'intérêt du marché monétaire (%)

q_t = Facteur d'intérêt ($q = 1 + i/100$)

q_t^t = Facteur de composition (les facteurs de composition pour les taux d'intérêt (i) de 1 à 30 % et les années (t) de 1 à 30 figurent à la table 4, annexe IV.)

q^{-t} = Facteur d'actualisation (les facteurs d'actualisation pour les taux d'intérêts (i) de 1 à 30 % et les années (t) de 1 à 30 figurent à la table 1, annexe IV.)

R_j = Poste des recettes ($j = 1, 2, \dots, m$)

ROI = Return on Investment = Rentabilité (%)

ROI_{min} = Rentabilité minimum exigée (%)

ROI_D = Rentabilité de l'investissement différentiel (%)

r = Facteur d'intérêt ($r = 1 + p/100$)

T = Durée de vie du projet (= période de planification) ; T = nombre t de périodes (années généralement) ; également : fin de la durée de vie

t = Moment ou période (année généralement) pendant la durée de vie d'un projet.

$t = 0$ = Moment ou période avant la mise en service (démarrage du projet)

URE = Utilisation rationnelle de l'énergie

VAN = Valeur actuelle nette (net present value)

Avant-propos

Dans cet ouvrage sur le "calcul de rentabilité pour projets d'investissement dans le secteur énergétique", nous nous sommes efforcés de présenter les méthodes usuelles de calcul de rentabilité ainsi que leur application sous une forme devant permettre également aux praticiens n'ayant pas de formation économique de se servir de ces instruments indispensables à la préparation de leurs décisions d'investissement.

Le fait que ce manuel soit orienté sur le calcul de rentabilité de projets énergétiques et plus spécialement sur ceux mettant en oeuvre des énergies renouvelables ne signifie pas pour autant qu'il ne peut être d'aucune utilité pour les calculs de rentabilité dans d'autres domaines. Bien au contraire, les méthodes de calcul décrites ci-après sont applicables à tout projet d'investissement, les procédés employés pour la collecte et le traitement des données devant être seulement adaptés à chaque cas particulier.

Partant de notre objectif, lequel consiste à communiquer à des lecteurs n'ayant pas nécessairement de connaissances préalable en sciences économiques des connaissances pratiques sur la nécessité des calculs de rentabilité, les méthodes employées ainsi que les conditions d'application et les limites inhérentes à ces calculs comme à toute prévision, nous avons consacré le chapitre A - qui est axé sur le secteur énergétique - à des considérations relatives aux problèmes d'optimisation des systèmes selon des critères économiques et techniques.

Le chapitre B décrit les données devant servir d'assise aux calculs de rentabilité et fournit des instructions concrètes sur la marche à suivre pour la collecte et le traitement des informations nécessaires.

Le chapitre C, quant à lui, a pour objet la présentation des bases théoriques des méthodes dynamiques et comptables utilisées pour le calcul de rentabilité des investissements, que vient compléter l'explication des différentes méthodes au moyen d'une étude de cas (annexe I). A côté de cela, nous avons voulu montrer comment traiter le problème de l'inflation - qui joue un rôle important dans les pays en développement - dans le cadre des calculs de rentabilité. L'ouvrage se termine par la présentation d'analyses de sensibilité accompagnées de considérations sur leur nécessité et leur mise en application pratique.

Nous tenons à faire remarquer ici que le présent guide, qui se propose de présenter les outils nécessaires à l'appréciation de la rentabilité de projets d'investissement, ne représente qu'un premier élément - très important, il est vrai - de l'analyse globale des projets d'investissement dans les pays en voie de développement. Néanmoins celui-ci devrait - aidé en cela par les nombreux exemples de calculs et définitions qu'il contient - fournir au lecteur les éléments nécessaires à la compréhension et à la réalisation d'autres analyses importantes telles que l'évaluation socio-économique de projets d'investissement ou encore les analyses de liquidité visant à résoudre des problèmes de financement avant même qu'ils ne surgissent.

Nos remerciements vont à M. le Professeur Dr. G. Eckstein, de l'Ecole Technique Supérieure de Nuremberg et à M. le Professeur Dr. R. H. Schmidt de l'Université de Göttingen qui ont bien voulu relire notre manuscrit et nous faire part de leurs suggestions d'amélioration.

Dr. H. Finck
G. Oelert

A. POSSIBILITES OFFERTES PAR LES SOURCES D'ENERGIE RENOUVELABLES ET CONDITIONS REQUISES POUR LEUR EXPLOITATION

I. Energies renouvelables et énergies conventionnelles

L'augmentation démesurée des prix des énergies commerciales s'est traduite, au cours de ces dernières années, par un regain d'efforts en vue de l'utilisation plus rationnelle des énergies disponibles, et surtout du pétrole qui a connu une hausse brutale.

Parallèlement, on a intensifié les efforts visant à élargir l'offre en énergie par l'exploitation d'énergies de substitution et d'énergies renouvelables, notamment les filières solaire et éolienne, la biomasse, l'énergie hydraulique et géothermique. Cette question revêt une importance toute particulière pour les pays du Tiers Monde dont le développement économique est sérieusement affecté par le renchérissement des produits pétroliers mais qui, par contre, offrent des conditions extrêmement favorables à l'exploitation des sources d'énergie renouvelables et ne demandent pas mieux que d'utiliser ce potentiel considérable pour leur développement.

Il est pour l'instant difficile de savoir si les énergies renouvelables pourront, dans un avenir proche, être exploitées à grande échelle afin de couvrir les besoins énergétiques croissants de ces pays. En effet, cela ne dépendra pas seulement des solutions apportées aux problèmes d'ordre social, culturel et institutionnel que connaîtront les sociétés en développement lors de l'introduction et de la diffusion de technologies permettant l'exploitation des énergies renouvelables. La question est avant tout de savoir si l'on réussira à mettre au point des systèmes présentant un niveau de maturité technique suffisant et dont les caractéristiques de construction et les équipements garantissent une grande sécurité d'exploitation. En outre, les indices des performances et des coûts de ces systèmes doivent permettre, économiquement parlant, une utilisation à grande échelle dans les pays en développement.

Même s'il est possible de satisfaire aux critères qui viennent d'être énumérés, l'exploitation des énergies renouvelables n'en reste pas moins problématique car il faut encore savoir quel système doit être adopté dans le cas d'un besoin énergétique concret ou s'il est préférable de recourir à une autre formule. La réponse ne pourra être fournie que par l'étude des conditions spécifiques au lieu d'utilisation. Comme il est très difficile d'harmoniser une offre en énergie très variable à l'échelon régional ou local et soumise, de plus, à des fluctuations journalières ou annuelles parfois considérables avec une demande énergétique présentant des variations journalières ou saisonnières tout aussi importantes, il sera indispensable d'étudier et d'élaborer des solutions adaptées à chaque cas. Bien souvent, il sera impossible de faire appel exclusivement aux énergies renouvelables pour couvrir la totalité des besoins énergétiques. En effet, ceci entraînerait à l'installation d'accumulateurs d'énergie dont les coûts élevés ne peuvent trouver aucune justification économique. Les sources d'énergie renouvelables ne sont donc susceptibles de se substituer intégralement aux énergies traditionnelles que dans des cas bien précis. Pour être pleinement satisfaisante tant sur le plan technique que sur le plan économique, la couverture d'un besoin énergétique donné ne pourra souvent être réalisée que par l'exploitation combinée de filières non-conventionnelles et de filières classiques.

Etant donné l'importance que revêt le recours à des solutions de ce type, nous avons fourni dans ce qui suit quelques points de repère assortis de commentaires sur la mise en oeuvre combinée des énergies renouvelables et conventionnelles.

Tous ceux qui sont chargés de la sélection des appareillages et équipements destinés à l'exploitation de sources d'énergie renouvelables ou à l'utilisation rationnelle de l'énergie (URE) ne sauraient renoncer à appuyer leurs décisions sur une étude de rentabilité des investissements envisagés. C'est la raison pour laquelle cet ouvrage essaie de présenter sous une forme aussi claire que possible quelques méthodes usuelles permettant de calculer la rentabilité des projets d'investissements et d'en expliciter l'application à l'aide d'exemples tirés du domaine des technologies ER 1).

Il convient de souligner auparavant que les méthodes de calcul dont il est ici question se limitent aux avantages et coûts imputables directement aux projets ER. N'ont pas été pris en considération les avantages externes possibles comme par exemple :

- Amélioration de la qualité de la vie provenant d'une extension de l'offre en énergie
- Amélioration des structures économiques locales
- Réduction de la pollution de l'environnement
- Création d'emplois
- Dégrevement de la balance des opérations courantes grâce à la réduction des importations d'énergie
- Effets sur la formation
- Diminution de l'exode rural
- Réduction du déboisement
- Amélioration de la sécurité d'approvisionnement etc.

ni les coûts externes tels que :

- Augmentation de la pollution de l'environnement
- Suppression d'emplois
- Raréfaction des capitaux et augmentation des taux d'intérêt provoquées par la transformation d'une partie des frais d'exploitation futurs lors de l'utilisation d'énergies traditionnelles en frais d'investissements immédiats lors de la mise en oeuvre d'énergies nouvelles.
- Création d'un petit groupe de privilégiés etc.

Toutefois, étant donné que les coûts et avantages externes peuvent revêtir une importance considérable lorsque les technologies ER sont utilisées sur grande échelle (un projet d'investissement non rentable à l'échelon micro-économique peut en effet se révéler être du plus grand intérêt pour l'économie nationale si l'on tient compte de son utilité sociale en fonction de critères socio-économiques), il est préférable de considérer séparément les effets externes et de les inclure au débat politique national dans le but d'améliorer la rentabilité économique des projets ER et URE par le biais d'avantages fiscaux, de subventions directes, de facilités d'importation et d'autres mesures d'encouragement prises par l'Etat.

- 1) Technologies ER = technologies de mise en oeuvre d'énergies renouvelables (Renewable Energies)

II. Problèmes posés par l'optimisation technique et économique des systèmes énergétiques 1)

Parmi les sources d'énergie renouvelables, ce sont les énergies solaire et éolienne ainsi que la biomasse qui subissent le plus la concurrence des énergies classiques lorsque ces dernières sont disponibles, même à un prix très élevé. Le handicap des énergies renouvelables provient de leur faible productivité énergétique qui nécessite la mise en oeuvre d'équipements importants pour la focalisation des flux énergétiques. L'énergie solaire avec les grandes surfaces absorbantes qu'elle requiert (pour des performances relativement faibles) fournit à cet égard un exemple parlant ; dans le cas de la gazéification/production d'électricité à partir de résidus forestiers, le flux d'énergie produit dans le gazogène est dense, certes, mais la nécessité de collecter auparavant la biomasse sur une aire de production assez vaste constitue un processus complexe. Il serait donc préférable d'implanter de tels équipements là où les résidus végétaux sont déjà rassemblés en quantités suffisantes, par exemple dans les scieries.

Comme il ressort du paragraphe I, la solution d'un problème énergétique donné est loin d'être toujours aussi évidente. Les difficultés d'une optimisation minutieuse apparaissent dans toute leur complexité lorsqu'il s'agit d'étudier les particularités techniques et économiques de tous les éléments et d'intégrer ceux-ci dans un système global qui soit véritablement compétitif.

Prenons l'exemple d'un site isolé où les vents soufflent parfois à une vitesse élevée et relativement constante mais où les périodes calmes sont malgré tout importantes. On y envisage la mise en place d'un aérogénérateur pour la production d'électricité. Si l'énergie électrique doit être fournie de manière continue, on peut recourir à l'une des options suivantes :

- a) ajouter des batteries d'accumulateurs au système
- b) prévoir un groupe diesel-électrogène fonctionnant en alternance avec l'aérogénérateur
- c) suivant la rentabilité des options considérées, écarter complètement l'idée de l'aérogénérateur et prévoir une électrification de type classique.

Avant de pouvoir dégager la solution optimale, il convient de procéder à des prévisions et calculs de rentabilité de "sous-routine" qui ne peuvent être ici expliqués de façon détaillée ; par ailleurs, de nombreux autres critères, techniques ou non, jouent bien entendu leur rôle et peuvent même revêtir une importance de tout premier plan (résistance de charge du réseau (autonomie), assistance technique, culture, environnement, acceptation etc.). C'est ainsi que pour l'option "a", l'un des travaux de "sous-routine" serait d'harmoniser la conception du rotor et du générateur avec celle du matériel d'accumulation (batteries) dans le but de réduire les frais d'achat de l'équipement le plus cher. En effet, un aérogénérateur doit être surdimensionné par rapport à l'énergie délivrée, les périodes de consommation étant plus longues que celles de production.

Il faudrait ensuite déterminer si la rentabilité du système mixte (option "b") est supérieure à celle du système à accumulation (option "a"). Dans le premier cas, il n'est pas nécessaire de surdimensionner l'installation et la mise en

- 1) Les systèmes considérés ici se limitent à la transformation de l'énergie et à sa distribution.

place d'un petit groupe diesel est en outre moins coûteuse que celle des batteries d'un petit réseau autonome. Si cette formule nécessite l'emploi de combustible et de lubrifiants, il n'en reste pas moins qu'elle offre une grande souplesse sur le plan technique ainsi qu'une fiabilité supérieure. Bien entendu, la sécurité d'approvisionnement (combustible) est un critère demandant un examen approfondi dans lequel il sera tenu compte de l'augmentation des prix des combustibles (par exemple coûts totaux pour toute la durée de vie du matériel) si bien qu'en fin de compte il peut s'avérer, selon le contexte, que le système autonome (option "a") représente la meilleure solution.

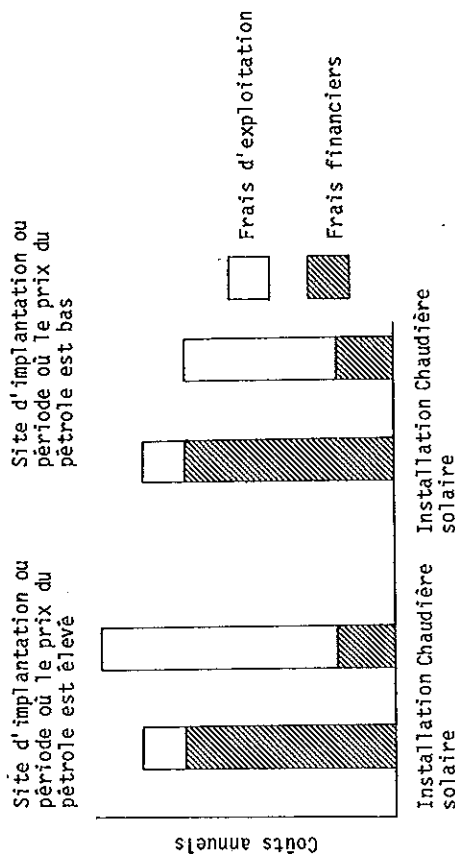
Ces considérations peuvent être approfondies à la lumière d'un autre exemple : Admettons que l'on désire chauffer l'air d'un petit séchoir industriel à la température d'env. 100°C pendant 8 heures par jour. Le site d'implantation jouit d'un grand potentiel de rayonnement solaire direct : les températures extérieures sont élevées tout au long de l'année. Il est donc permis d'envisager l'installation de capteurs solaires à concentration avec acheminement de la chaleur vers le séchoir par un fluide caloporteur. Un accumulateur thermique permet la mise en route quotidienne du système tout en palliant aux variations de rayonnement de courte durée. Compte tenu des rendements thermodynamiques et des pertes thermiques, la température de référence de l'accumulateur est d'env. 110°C.

Admettons qu'il n'existe pas de problèmes d'approvisionnement particuliers sur le site de l'installation et que des calculs détaillés ont été effectués pour optimiser le système (choix du capteur présentant la meilleure rentabilité compte tenu des caractéristiques de l'accumulateur thermique et des exigences d'exploitation du séchoir).

Ceci étant acquis, il est possible de comparer la rentabilité du système avec celle d'une chaudière à vapeur à basse pression de type classique. L'installation solaire paraît coûteuse, complexe, de trop grande taille, exigeante en équipements et pas très fiable ; il est de plus difficile d'en estimer la durée de vie. A l'inverse, la chaudière classique est peu coûteuse, offre une haute fiabilité et permet de prévoir exactement les frais courants.

Le calcul détaillé des frais annuels imputables aux deux systèmes fait apparaître les rapports suivants (Fig.1) :

Figure 1 : Coûts totaux (exemples)



Par souci de simplification, il n'est pas fait mention ici de toutes les conditions et données quantitatives qui doivent en fait toujours accompagner la représentation des coûts d'exploitation et frais financiers. Ceci sera fait aux paragraphes suivants.

Le schéma de la figure 1 ainsi que les explications qui précèdent font malgré tout ressortir que l'optimisation des systèmes s'effectue itérativement, parfois simultanément, à plusieurs niveaux :

Niveau 1 : Sélection des types de construction des équipements et dimensionnement de ces derniers

Niveau 2 : Agencement des systèmes (optimisation technique)

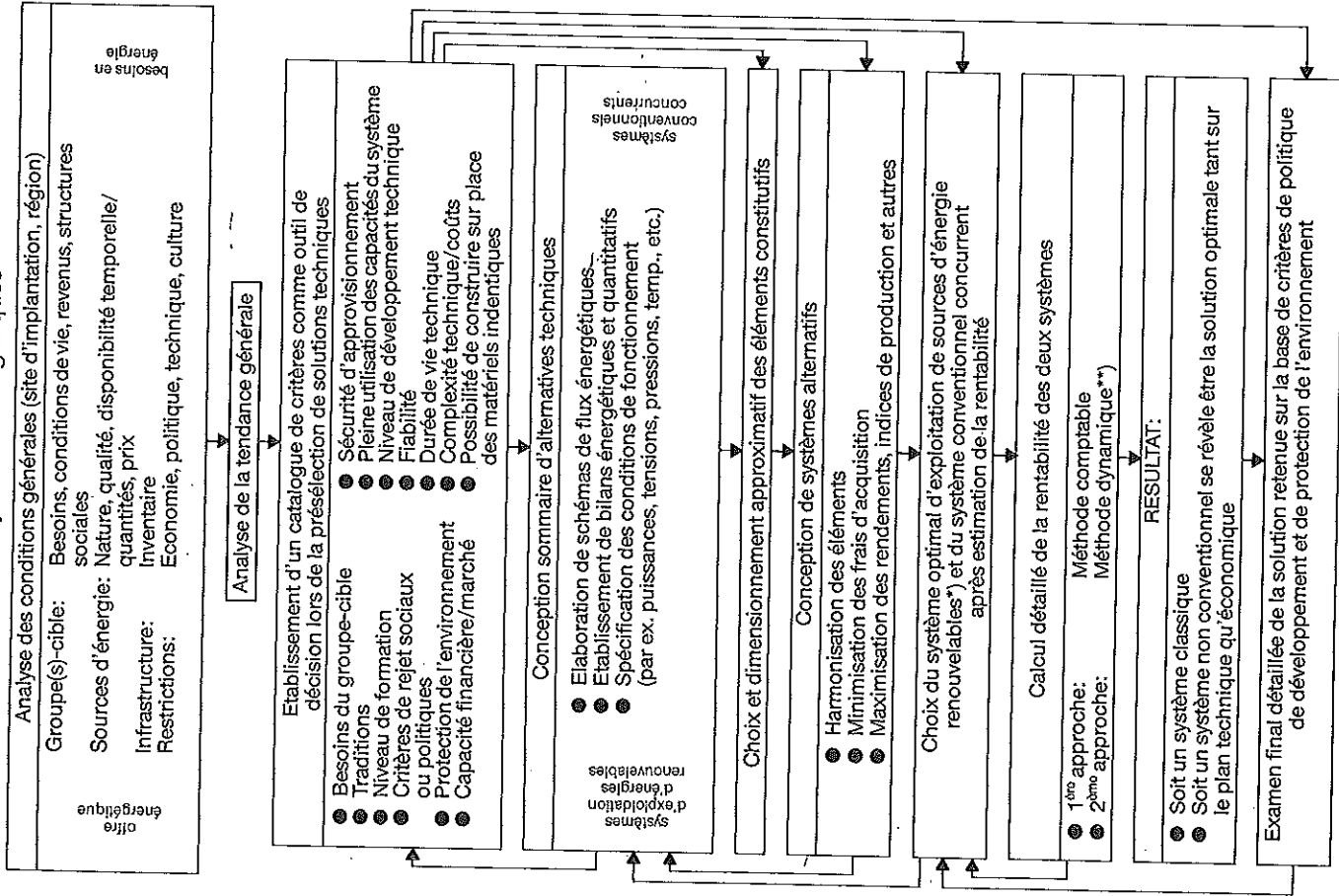
Niveau 3 : Comparaison technico-économique de formules alternatives (optimisation économique)

Niveau 4 : Examen des solutions retenues fondé sur des critères de politique de développement.

Les calculs de quantification de la rentabilité peuvent être plus ou moins poussés selon le niveau considéré : par exemple, pour le niveau 1, il suffit bien souvent de se livrer à des estimations simples pour parvenir à des décisions alors que pour le niveau 3, il est impératif d'appliquer les méthodes présentées ci-après afin d'obtenir des résultats précis.

Il en est de même de l'application des critères de politique de développement et de protection de l'environnement. Si ces critères jouent pleinement lors des décisions intermédiaires (niveau 1 à 3), leur mise en application opérationnelle et équilibrée au niveau 4 nécessite la définition claire du système et des alternatives envisageables.

La figure 2 montre la démarche que l'on pourrait adopter en vue de l'optimisation technique et économique de systèmes permettant l'exploitation des ressources énergétiques renouvelables des pays du Tiers Monde :



B. SAISIE ET EXPLOITATION DES DONNEES

La condition sine qua non pour le calcul de la rentabilité d'un projet d'investissement est la saisie la plus complète possible de toutes les dépenses et recettes (les dépenses évitées sont assimilables à des recettes) liées à l'investissement prévu.

Les dépenses et recettes imputables à un système donné d'exploitation d'énergies renouvelables ou d'utilisation rationnelle d'énergies classiques ou autres ne peuvent toutefois être déterminées avec une précision suffisante - comme cela a été montré précédemment - que si l'on a connaissance des facteurs déterminant ces dépenses et recettes dans chaque cas concret, ces facteurs pouvant varier fortement d'un endroit à l'autre.

Dans le but de faciliter une saisie aussi complète que précise des données spécifiques à chaque cas, un cadre d'orientation (tableau 1) a été élaboré, celui-ci englobant toutes les données nécessaires aux différentes méthodes de calcul de rentabilité présentées plus loin et applicables aux appareils et équipements envisageables pour l'exploitation des énergies renouvelables ou l'utilisation rationnelle des énergies classiques. Toutes les données portées au tableau 1 n'étant pas nécessaires pour chaque méthode, il est recommandé de vérifier, avant même la saisie des données, quelles sont celles requises par la méthode de calcul de rentabilité à appliquer.

Tableau 1: Projet: «(désignation)», (pays), (date) – Récapitulatif des données – (en unités monétaires)

[illegible][illegible]

0.1 Taux d'actualisation

Pour permettre d'apprécier la rentabilité d'un investissement, certaines méthodes d'évaluation requièrent le choix d'un taux d'intérêt sur la base duquel on calcule la valeur actuelle, à une date de référence donnée, des flux de dépenses et recettes à attendre de l'investissement ou la rémunération du capital engagé en moyenne pendant la durée de vie du projet. C'est ce qu'il est convenu d'appeler taux d'actualisation.

Il ne saurait être question d'entrer ici dans le détail des discussions abondantes que l'on trouve dans les ouvrages spécialisés au sujet des problèmes posés par le choix du taux d'actualisation. Quoi qu'il en soit, nous conseillons, dans le cas où les frais d'investissement sont financés sur fonds d'emprunt, de prendre comme taux d'actualisation le taux d'intérêt qui serait vraisemblablement appliqué au demandeur de fonds en fonction de la durée de son crédit et compte tenu des autres dettes prévues ou déjà contractées vis-à-vis de la banque. Dans le cas du financement sur fonds propres, il conviendrait de prendre comme taux d'actualisation le taux habituellement pratiqué pour les placements de capitaux d'un montant, d'une durée et d'un risque équivalents.

Si le financement est assuré à la fois par des capitaux d'emprunt et des capitaux propres, on peut alors fixer un taux moyen pondéré 1) comme taux d'actualisation.

0.2 Taux d'inflation général / Taux de rendement réel

Etant donné le haut degré d'incertitude relatif aux recettes et dépenses inhérentes aux projets - et cette incertitude croît avec la durée de vie de l'investissement - on admet, pour la plupart des calculs de rentabilité, que les prix actuels sont également valables pour l'avenir et restent par conséquent constants. Dans la mesure où l'on n'escompte aucun changement technique ou économique (du par exemple à une augmentation des ventes), il est permis d'effectuer les calculs de rentabilité sur la base de cash-flows courants annuels constants d'une année sur l'autre.

Alors que l'on peut à la rigueur admettre que les prix restent constants dans les pays à haute stabilité monétaire, une telle supposition est fortement sujette à caution dans les pays du Tiers Monde qui connaissent un taux d'inflation atteignant 30 % et plus. Il est donc bien aléatoire de vouloir prendre en pareil cas le taux du marché financier comme taux d'actualisation pour les capitaux propres et les capitaux empruntés. En règle générale, le taux du marché financier est fixé de telle sorte qu'il inclut non seulement une rémunération pour la cession du capital (assortie très souvent d'une majoration pour les risques encourus) mais aussi une compensation pour la perte de pouvoir d'achat imputable à l'inflation.

Le problème esquissé ici peut être résolu de différentes manières :

- Comme taux d'actualisation (i), on prend le taux de rendement réel (i^*) qui correspond au taux du marché financier corrigé de l'inflation ; on admet des prix constants pour les recettes et dépenses (c'est le cas aux paragraphes C.I et C.II du présent ouvrage) ;

- Voir également les explications figurant aux postes 0.2 et 0.3 sur la prise en compte du problème de l'inflation lors du calcul du taux d'actualisation.

- Comme taux d'actualisation (i), on prend le taux du marché financier (p) en majorant toutefois les recettes et dépenses - comme indiqué au paragraphe C.III - du taux d'inflation prévisionnel.

Dans un cas comme dans l'autre, on est obligé d'évaluer le taux annuel de hausse des prix pour toute la période prévue. Si aucun événement majeur prévisible, comme des changements durables dans le contexte politico-économique, ne vient s'y opposer, le taux d'inflation prévisionnel peut être évalué par extrapolation des valeurs enregistrées au cours des années précédentes.

Il est permis d'émettre l'hypothèse que les deux méthodes aboutiront au même résultat à partir du moment où l'on admet que tous les postes de dépenses et recettes subiront la même augmentation au fil des années. L'approche a) est donc à préconiser en pareil cas en raison de sa plus grande simplicité. Le taux de rendement réel peut être calculé comme suit :

$$q = \frac{r}{e}$$

$$\text{avec : } q = 1 + \frac{i^*}{100} \quad i^* = \text{taux de rendement réel}$$

$$r = 1 + \frac{p}{100} \quad p = \text{taux d'intérêt pratiqué sur le marché financier}$$

$$e = 1 + \frac{a}{100} \quad a = \text{taux d'inflation}$$

$$\text{On obtient donc : } i^* = \frac{100+p}{100+a} \cdot 100 - 100$$

Si le taux d'intérêt pratiqué sur le marché est par exemple de 32 % pour un taux d'inflation de 22 %, le taux de rendement réel (i^*) se calculera comme suit :

$$i^* = \frac{100+32}{100+22} \cdot 100 - 100 = 8,2 \% \\ \text{=====}$$

03. Taux d'inflation - énergie

Comme on ne peut s'attendre à ce que toutes les dépenses et recettes suivent exactement le rythme du taux d'inflation général, il peut s'avérer nécessaire de déterminer séparément le taux d'augmentation des prix pour quelques postes de dépenses et recettes particulièrement importants et de le faire figurer dans les calculs. Ceci repose sur les expériences faites au cours des dix dernières années, notamment en ce qui concerne la hausse des prix des énergies conventionnelles. A l'avenir, celle-ci restera probablement plus importante que la hausse générale

des prix. Lors des calculs de rentabilité de projets d'investissement fortement tributaires de l'énergie, on a donc pris l'habitude de tenir compte séparément de l'évolution des prix énergétiques (voir paragraphe C.III).

Cependant, étant donné que l'évolution des prix des différentes sources d'énergie est susceptible de varier d'un pays ou même d'un site d'implantation à l'autre, il sera préférable, dans bien des cas, d'effectuer la projection des recettes futures non pas sur la base d'un indice des prix commun à toutes les sources d'énergies, mais plutôt sur celle de l'évolution des prix des énergies conventionnelles substituables. C'est le cas lorsqu'une énergie conventionnelle comme le gazole peut être remplacée totalement ou en partie par une source d'énergie renouvelable. En pareil cas, il est logique que les calculs portent uniquement sur l'évolution prévisionnelle des prix estimée pour la source d'énergie à remplacer, en l'occurrence le gazole.

04. Durée utilisation des installations

Pour toute étude de rentabilité, la durée probable d'utilisation des équipements techniques, bâtiments et autres installations constitue un paramètre de la plus haute importance. Si une installation coûtant par exemple 10 000 F à l'achat est utilisée pendant dix ans, sa dépréciation annuelle est de l'ordre de 1 000 F si l'on applique le raisonnement de l'amortissement linéaire. Si la durée d'utilisation maximale (= durée de vie) n'est que de cinq ans, la charge annuelle d'amortissement est de 2 000 F, donc deux fois plus importante, et requiert des recettes plus élevées pour atteindre le seuil de rentabilité.

Ceci implique la nécessité de soumettre le système envisagé à un examen très rigoureux afin d'en estimer la durée de vie. Si l'on dispose, dans le cas des installations classiques, de données empiriques tout à fait fiables, il en va tout autrement pour l'estimation de la durée de vie d'équipements ou appareils utilisés pour l'exploitation d'énergies renouvelables ainsi que de ceux destinés à l'utilisation rationnelle des énergies conventionnelles. En effet, il faut ici tenir compte du fait que les expériences dans ce domaine font encore souvent défaut et que les indications des constructeurs ne constituent pas une base de calcul absolument fiable. Voilà pourquoi il convient d'examiner, dans le cadre d'une analyse de sensibilité, ce qu'il advient de la rentabilité lorsque l'on admet différentes hypothèses en ce qui concerne la durée de vie des installations.

1.1 Frais d'investissement

Quelle que soit la méthode utilisée pour le calcul de rentabilité de projets ER ou URE, le volume des investissements constitue un paramètre essentiel et il importe donc d'apporter le plus grand soin à la saisie et la quantification de tous les éléments de coût.

Le tableau 2 fournit un aperçu des différentes rubriques de coûts, dont la somme constitue le montant total des frais d'investissement. Ce tableau ayant été conçu pour servir de base de travail à l'étude de la rentabilité de systèmes très divers, il conviendra de sélectionner parmi les différents éléments de coûts ceux qui se rapportent au projet envisagé.

Par ailleurs, il est indispensable d'établir un échéancier des diverses dépenses d'investissement. Le tableau ci-après a donc été conçu de manière à permettre une ventilation claire de ces dépenses ainsi que des investissements d'appoint et de remplacement qui devront éventuellement être effectués pendant la durée d'utilisation de l'installation.

1.2 Valeur résiduelle de l'installation/valeur de liquidation

Le calcul précis de la rentabilité d'un projet d'investissement exige toujours la prise en compte de la valeur résiduelle de l'installation (ou de ses différents éléments) au bout d'une durée d'utilisation donnée.

Si tant est que l'on puisse admettre que l'installation sera soumise à une dépréciation régulière (linéaire) pendant la période où elle sera techniquement utilisable, on calculera la valeur résiduelle en appliquant la formule suivante :

$$\text{Valeur résiduelle} = \frac{\text{Dépenses d'investissement (en unités monétaires)}}{\text{Durée de vie technique (en années)}} \times \text{Durée d'utilisation résiduelle (en années)}$$

La valeur résiduelle est nulle lorsque la durée d'utilisation est égale à la durée de vie technique puisque dans ce cas, la durée d'utilisation résiduelle prend la valeur zéro (Durée de vie - durée d'utilisation = durée d'utilisation résiduelle). S'il s'agit de machines, on estime généralement que la valeur de la ferraille permet tout juste de couvrir les frais de démontage.

Si la durée d'utilisation est inférieure à la durée de vie technique de l'ensemble de l'installation ou de certains de ses éléments, il faut tenir compte du fait que la valeur résiduelle calculée à l'aide de la formule ci-dessus ne peut bien souvent être considérée que comme une valeur de référence approximative. Un propriétaire qui n'utilise plus lui-même la totalité ou partie d'une installation devrait, pour en calculer la valeur résiduelle, se fonder sur les possibilités alternatives d'utilisation de ses équipements. S'il est permis d'envisager la vente totale ou partielle des équipements, il est d'usage de prendre comme valeur résiduelle la valeur de liquidation à une date donnée. Si par contre la vente ultérieure ou la poursuite de l'utilisation d'une partie des équipements paraissent invraisemblables, il serait logique d'appliquer une valeur résiduelle égale à zéro.

L'estimation de la valeur résiduelle devient particulièrement problématique lorsque le projet d'investissement comporte la construction de bâtiments dont la durée de vie est généralement beaucoup plus longue que celle des machines. En pareil cas, l'acquisition du terrain, la viabilisation ou la construction des bâtiments peuvent se traduire par une valeur résiduelle très élevée pour peu que les installations se trouvent à proximité de voies de communication et que les possibilités d'utilisation ultérieure soient multiples. D'autre part, il peut

très bien arriver que les bâtiments, de par leur conception, n'autorisent qu'une seule activité. Ils ne présentent alors une valeur résiduelle que si, en fin de vie des machines, des investissements complémentaires sont prévus afin que les terrains et bâtiments puissent continuer à être utilisés de façon similaire.

2.1 Frais de personnel

Etant donné que les frais imputables au personnel de production et de bureau peuvent représenter une grande partie des frais courants d'un projet d'investissement, il convient de procéder tout d'abord à une étude très détaillée des besoins en personnel (quantité, qualifications et périodes d'emploi).

La collecte d'informations sur les salaires versés habituellement dans le pays ou la région ne pose généralement pas de problèmes. Par contre, l'estimation des charges sociales telles les cotisations à la sécurité sociale et autres charges prescrites par la loi (primes de vacances, gratifications à certaines occasions, paiement pour solde de tout compte lorsqu'une personne quitte l'entreprise) peut s'avérer très complexe. Dans ces conditions, on a tout intérêt à calculer les charges sociales sur la base d'un pourcentage des salaires convenus. Pour cela, il suffit de se renseigner auprès d'entreprises du pays concerné ou des institutions compétentes (chambres de commerce par exemple).

Dans le cas des projets d'investissement à long terme faisant appel à une main-d'œuvre étrangère, il importe, lors de l'estimation de l'évolution des frais de personnel au cours des années à venir, d'étudier s'il est possible de calculer ces frais sur la base du taux d'inflation général prévu. Si la comparaison entre l'augmentation des salaires au cours des années passées et la hausse générale des prix fait apparaître une divergence notable (période considérée couvrant au moins trois ans), il faudra alors calculer l'évolution des frais de personnel en augmentant ou diminuant - selon le cas - le taux d'inflation général.

Bien souvent, l'exploitation et l'entretien d'installations ER nécessiteront le recours à de la main-d'œuvre pour laquelle ne résulte aucune charge spécifique et qui, de ce fait, ne peut être prise en compte dans les calculs de rentabilité. C'est ce qui se produit, par exemple, lorsque l'utilisateur effectue lui-même certaines prestations ou bien lorsqu'il fait appel à de la main-d'œuvre par ailleurs sous-employée. Un cas particulier sera celui d'un petit paysan exploitant lui-même son installation de biogaz : s'il est juste qu'il ne doit pas faire face à des frais de personnel, il peut par contre avoir un manque à gagner dans la mesure où il est obligé de négliger les travaux des champs.

pour peu que ces coûts d'opportunité prennent une certaine ampleur, il conviendrait de les faire intervenir, dans des limites raisonnables, dans le calcul de rentabilité.

2.2 Frais d'entretien et de réparation

Il est évidemment fort difficile d'estimer les frais d'entretien et de réparation d'une installation étant donné qu'il est impossible de prévoir la fréquence et l'importance des réparations. Néanmoins, les constructeurs fournissent une valeur d'orientation exprimée le plus souvent en pourcentage des frais d'investissement, se fondant pour cela sur leur expérience de matériels identiques ou comparables. Cependant, surtout dans le cas des installations ER, il importe

Après des frais d'investissement (détermination du projet, site d'implantation, pays) (unité monétaire)

Poste	Période	Année
	0	19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19..
	1	19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19..
	2	19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19..
	3	19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19..
	4	19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19..
	5	19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19..
	6	19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19..
	7	19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19..
	8	19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19..
	9	19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19..
	10	19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19.. 19..

Etudes

Achat de terrains

Travaux de terrassement

Bâtiments

Raccordement aux réseaux de distribution d'eau, d'électricité et de gaz, aux réseaux d'égouts et aux voies de communication (viabilisation)

Machines (départ usine)

- groupe principal
- groupe complémentaire A
- groupe complémentaire B (etc.)
- Equipements d'atelier

Transport jusqu'au port de débarquement *)

Transport port de débarquement/ usine jusqu'au site d'implantation *)

Montage et mise en service

Frais de douane, impôts, redevances, droits

Divers

Total des frais d'investissement

*) Assurance comprise

de tenir compte du fait que les indications des constructeurs peuvent être parfois très optimistes eu égard au manque d'expérience en matière d'exploitation à long terme. On aurait donc tout intérêt à rectifier les pourcentages indiqués dans le sens de l'aggravation du risque.

Il conviendrait également d'examiner si et dans quelle mesure les travaux d'entretien et de réparation peuvent être assurés par le personnel de service ou éventuellement par l'utilisateur lui-même. Dans ce cas, les dépenses de ce poste pourraient être ramenées aux frais de matériel et pièces de rechange.

2.3 Frais énergétiques

Alors que dans le cas de l'exploitation des énergies solaire, éolienne et hydraulique ainsi que de la géothermie, on peut partir du principe que l'on dispose, une fois les équipements installés à l'endroit retenu, d'une énergie gratuite dominant quantitativement et qualitativement toute satisfaction, la situation se présente tout différemment lorsque l'on a recours à la biomasse ou aux sources d'énergie classiques. En effet, il faut en pareil cas faire intervenir dans les calculs de rentabilité les coûts engendrés par l'achat, le transport, le traitement et le stockage de l'énergie choisie, les frais occasionnés par l'alimentation de l'installation ainsi que par l'évacuation des résidus.

Lors de la détermination de ces coûts, il importe de ne pas oublier que des biomasses jusqu'alors gratuites, comme les déchets de bois ou autres résidus organiques, risquent de prendre une valeur marchande en raison des possibilités d'utilisation qu'elles offrent et que l'on devra par conséquent les acheter. En outre, il faut examiner si certaines biomasses gratuites ne peuvent être utilisées également à d'autres fins, par exemple pour l'alimentation du bétail, en quel cas il sera nécessaire de faire intervenir les coûts d'opportunité dans les calculs.

2.4 Matières consommables

Bien que les dépenses dans ce domaine soient de moindre importance, il convient malgré tout d'évaluer de façon précise les besoins en matières consommables comme les graisses, huiles, l'eau (installation de biogaz), le charbon de bois (installation de pyrolyse) pour le type d'installation retenu.

2.5 Frais administratifs (sans frais de personnel)

Tandis que les petites installations d'exploitation de sources d'énergie renouvelables n'occasionnent pas - ou très peu - de frais administratifs, les installations assurant l'approvisionnement énergétique de grandes communautés villageoises ou de villes de petite et moyenne importance entraînent des frais administratifs courants dont il faut tenir compte dans les études de rentabilité. Par conséquent, les projets de cette envergure doivent englober une estimation des dépenses entraînées par la location de bureaux, le téléphone, le matériel et les fournitures de bureau, etc.

3.1 Impôts et redevances

Le poste de coûts "impôts et redevances" n'entrera certainement en ligne de compte que pour les projets d'investissement à but lucratif d'une certaine envergure, et donc pour la mise sur pied de petites entreprises d'approvisionnement énergétique. Lors de toute étude de projet de ce type, il importe de recueillir des informations concrètes sur le régime fiscal en vigueur afin de pouvoir calculer les charges auxquelles l'entreprise devra faire face.

3.2 Dépenses diverses

Ce poste est prévu pour les coûts spécifiques à une technologie ou à un pays donné et ne pouvant, de par leur nature, être intégrés aux postes de coûts présentés ci-dessus.

3.3 Total des dépenses courantes

En additionnant les chiffres portés aux postes 2.1 à 3.2, on obtient le montant total des dépenses courantes d'exploitation.

4.1 Recettes provenant du projet d'investissement

Selon les objectifs poursuivis, le projet d'investissement fournira des recettes provenant de :

- la fourniture d'énergie à des tiers
- l'économie de sources d'énergie commerciales (dépenses évitées = recettes) et/ou
- la commercialisation ou l'autoconsommation de biens dont la production est augmentée ou simplement rendue possible par la mise en oeuvre de sources d'énergie (par exemple recettes supplémentaires en raison de l'accroissement de la production agricole grâce à des méthodes d'irrigation faisant appel à l'énergie éolienne).

S'il est généralement fort simple de calculer les recettes indiquées au point b) (= dépenses évitées) à l'aide du rendement fourni par l'installation envisagée et des besoins actuels en énergies commerciales, on peut par contre se heurter à d'énormes difficultés pour l'évaluation des recettes figurant aux points a) et c). Ainsi, lors de la mise sur pied d'un réseau autonome destiné à assurer l'approvisionnement électrique d'une localité, il sera pratiquement impossible de déterminer exactement combien de kilowatts-heures par an pourront être vendus à un prix donné au cours des années à venir. Compte tenu de l'extrême importance des recettes futures pour la viabilité et la rentabilité d'un projet d'investissement, il convient néanmoins - en particulier pour des projets à forte intensité de capital - de trouver dans chaque cas les méthodes les mieux appropriées afin d'aboutir à une prévision des recettes aussi réaliste que possible. Par ailleurs,

il est impératif d'examiner, dans le cadre d'une analyse de sensibilité, dans quelle mesure l'apparition de divergences entre les recettes annuelles réelles et les recettes prévues sur la base d'études de marché ou autres peut avoir une incidence sur la rentabilité du projet envisagé.

Au poste 4.1 du récapitulatif de données, un emplacement est prévu pour chacune des trois possibilités de recettes énoncées précédemment.

4.2 Recettes diverses

Ce poste concerne les recettes spécifiques à une technologie ou à un pays donné qui, de par leur nature, sont sans rapport direct avec les prestations de production et ne sont pas non plus des subventions. C'est le cas par exemple des recettes obtenues par la vente du compost fourni par les installations de fermentation méthanique (biogaz).

4.3 Subventions

En raison de la situation précaire de la plupart des pays en voie de développement en matière de commerce extérieur, il est permis de penser que les investissements opérés dans le but soit d'assurer l'approvisionnement énergétique des zones rurales par l'exploitation de sources d'énergie renouvelables, soit de réduire les dépenses entraînées par les sources d'énergies conventionnelles, seront dotés de subventions accordées par les Etats concernés. Ce type de recettes sera affecté au poste 4.3 car il ne doit pas être confondu avec les recettes liées à la production.

4.4 Total des recettes courantes

En additionnant les chiffres portés aux postes 4.1 à 4.3, on obtient le montant total des recettes courantes annuelles du projet d'investissement.

5.1 Cash-flows courants

Les cash-flows courants annuels du projet d'investissement représentent la différence entre les postes 4.4 "Total des recettes courantes" et 3.3 "Total des dépenses courantes".

5.2 Amortissements

Par amortissement on entend la dépréciation périodique des équipements affectés à un projet. Etant donné que les amortissements ne se traduisent pas par des dépenses au cours de diverses périodes d'utilisation des biens d'équipement - les dépenses pour l'acquisition de ces équipements précèdent leur utilisation -, les amortissements n'ont aucune incidence sur les cash-flows courants, mais affectent par contre le bénéfice, celui-ci étant égal à la différence entre cash-flow courant et amortissement.

5.3 Bénéfice

Dans le cadre du calcul de rentabilité de l'investissement, les avantages offerts par un projet en ce qui concerne la rémunération de l'ensemble du capital engagé constituent également un point important quelle que soit l'origine du capital. Ainsi, le poste 5.3 représente le bénéfice escompté pour la totalité des capitaux engagés dans le projet d'investissement. Le bénéfice réalisé par l'investisseur peut alors être calculé à partir de cette valeur, à laquelle il suffit de soustraire les intérêts des capitaux empruntés.

C. METHODES DE CALCUL DE LA RENTABILITE

Jusqu'ici, nous n'avons évoqué que la rentabilité et l'opportunité d'un projet d'investissement sans concrétiser cette notion. C'est ce que nous allons faire tout au long de ce chapitre en présentant quelques méthodes de calcul servant habituellement de base à l'appréciation de la rentabilité absolue et relative d'un projet d'investissement.

Les méthodes de calcul appliquées se subdivisent en méthodes comptables et dynamiques. Les méthodes dynamiques - contrairement à celles de type comptable - tiennent compte des différences de valeur résultant de la date d'échéance des versements relatifs à un investissement. Autrement dit : tous les versements sont majorés d'un intérêt calculé par rapport à une date donnée s'ils ont lieu avant cette date, alors qu'un intérêt est déduit si les versements sont effectués après cette date. Par conséquent, plus les recettes et dépenses se produisent tôt, plus elles prennent une valeur élevée et inversement. Cela revient à dire que lorsqu'on applique une méthode de calcul dynamique, un cash-flow courant de 1 000, -- F au cours du premier exercice a une incidence beaucoup plus forte qu'un versement d'un même montant ayant lieu au cours de la cinquième année.

Les méthodes dynamiques faisant intervenir le facteur temps dans l'estimation des coûts de l'investissement, il est bien évident qu'elles fournissent des résultats plus fiables que les méthodes comptables. Toutefois, il convient de noter que les calculs de rentabilité effectués à l'aide des méthodes comptables sont plus simples et que les résultats obtenus peuvent être assez proches de ceux fournis par les méthodes dynamiques. C'est la raison pour laquelle nous les expliquerons en premier.

I. Méthodes comptables utilisées pour le calcul de rentabilité

I. Calcul comparatif des coûts

Le calcul comparatif des coûts a pour but d'identifier l'installation la moins coûteuse par comparaison des coûts de deux ou plusieurs options d'investissement devant avoir un volume de production défini.

Cela signifie, pour les investissements dans le domaine énergétique, que le calcul comparatif des coûts ne peut être effectué que lorsque la décision en faveur de la production ou de l'économie d'énergie a été prise et qu'il ne s'agit plus que de choisir les équipements techniques représentant la formule la moins coûteuse par rapport à d'autres options. Cette méthode n'est pas applicable pour la comparaison de projets ayant des finalités entièrement différentes telles que par exemple la production d'énergie et la production de conserves.

Le calcul comparatif des coûts peut être interprété comme un mode d'approche de l'étude comparative des annuités de dépenses puisque l'évaluation des coûts moyens pour une période donnée (généralement l'année civile) s'effectue la plupart du temps à l'aide de la formule suivante :

- 1) Le plus souvent avant la mise en service d'une installation ($t = 0$)

$$F = F_C + \frac{I_0}{T} + \frac{I_0}{2} \cdot i$$

où

F représente le montant total des frais par période,

F_C les frais courants par période,

T la durée de vie du projet en nombre t de périodes,

I_0 les dépenses d'investissement,

$\frac{I_0}{T}$ l'amortissement linéaire = amortissement du capital engagé par période,

i le taux d'actualisation et

$\frac{I_0}{2} \cdot i$ la rémunération par période du capital engagé en moyenne pendant la durée du projet sur la base d'un amortissement linéaire.

Dans la mesure où une valeur de liquidation (L) positive peut être escomptée dans l'une des installations faisant l'objet de la comparaison - donc lorsque l'installation n'est pas amortie à 100 % -, les coûts totaux par période sont calculés au moyen de la formule suivante :

$$F = F_C + \frac{I_0 - L}{T} + \left(\frac{I_0 - L}{2} + L \right) \cdot i$$

Pour déterminer le montant des frais courants imputables par période de référence (F_C) à une installation donnée, on peut procéder de deux manières : soit on calcule la valeur moyenne des frais courants estimés pour toute la durée de vie de l'installation 1), soit plus simplement, on suppose que les frais - aisément évaluable - de la première année correspondent aux frais courants moyens de l'installation.

S'il ne s'agit que d'identifier l'installation la moins onéreuse et que l'on n'est donc pas tenu de calculer le montant des coûts périodiques ou des coûts par unité produite, il n'est pas nécessaire, lors du calcul des frais courants, de se préoccuper des frais qui s'avèrent identiques pour toutes les alternatives envisagées. L'omission volontaire de ces frais n'aura en effet aucune incidence sur le résultat du choix.

$\frac{I_0 - L}{T}$ représente l'amortissement linéaire par période des installations soumises à comparaison. Si l'on admet par exemple une durée de vie de cinq années pour le projet et une année civile comme période de référence, l'amortissement linéaire annuel correspond alors à $\frac{I_0 - L}{5}$.

1) Poste 3.3 du tableau 1

Pour le calcul des intérêts rémunérant le capital immobilisé à l'aide du dernier terme de la formule ci-dessus

$$\left(\frac{I_0 - L}{2} + L \right) \cdot i,$$

on admet que le montant du capital investi excédant la valeur de liquidation est amorti de façon continue, de sorte que dans chaque année du projet, seule la moitié de cet excédent est engagée et doit donc porter des intérêts. La valeur de liquidation est par contre engagée totalement pendant toute la durée d'utilisation d'une installation et doit, de ce fait, être tous les ans assortie d'intérêts. Si la période de référence est inférieure ou supérieure à une année, il faudra ajouter le taux d'actualisation en conséquence, car celui-ci s'applique généralement à une période d'un an.

Le calcul comparatif des coûts permet d'obtenir, pour chacun des systèmes envisagés, les coûts moyens pour la période de référence. La comparaison des coûts pour une période montre quel système est le moins onéreux et donc le plus intéressant.

Dans la mesure où nous admettons que les installations soumises à comparaison sont nécessaires pour la production d'un nombre déterminé d'unités, c'est-à-dire que le travail à effectuer dans une période donnée est le même pour toutes les options envisagées, la comparaison des coûts peut également se faire sur la base des coûts par unité de produit - kWh par exemple - après division des coûts d'une période de référence par le travail fourni pendant cette même période.

Ainsi, l'installation I est plus intéressante que l'installation II lorsqu'elle occasionne moins de coûts par période de référence et par unité de travail fourni.

Comme le montre la comparaison des coûts calculés par an et par kWh dans l'exemple I pour les deux variantes, la petite centrale hydro-électrique se révèle être nettement moins coûteuse que le groupe diesel et représente donc l'option d'investissement la plus opportune.

Exemple 1 :

Détermination de l'installation la moins coûteuse pour l'approvisionnement en électricité d'une petite ville par comparaison des coûts annuels avec amortissement linéaire du capital engagé *)

	Petite centrale hydro-électrique	Groupe diesel
Frais d'investissement (F) **)	540 000	87 000
Durée de vie (années)	25	7
Valeur de liquidation en fin de vie utile	-	10 000
Unités produites par an (kWh)	350 000	350 000
Amortissement (F/an)	21 600	11 000
Intérêts (F/an)	21 600	3 880
Frais de personnel (F/an)	16 000	16 000
Frais de réparation et d'entretien (F/an)	18 900	14 400
Frais énergétiques (F/an)	-	105 000
Matières consommables (F/an)	-	-
Frais administratifs (F/an)	-5 000	5 000
Total des coûts (F/an)	83 100	155 280
Coûts par unité produite (F/kWh)	0,24	0,44

*) Les données indiquées ici sont empruntées à l'étude de cas constituant l'annexe I. On admet que les coûts prévus pour la première année sont également applicables aux années suivantes.

**) Le signe F représente l'unité monétaire prise comme base de calcul.

Dans le secteur énergétique, notamment sous l'angle d'une utilisation rationnelle de l'énergie, on se demande très souvent s'il ne vaudrait pas mieux remplacer une installation déjà existante par de nouveaux équipements ne recourant que peu ou pas du tout aux sources d'énergies conventionnelles. Le calcul comparatif des coûts peut également contribuer à fournir une réponse à cette question puisqu'il permet de comparer les coûts par période de l'installation en place à ceux occasionnés par un nouvel équipement de même puissance. Le remplacement de l'installation en place est à préconiser si celle-ci occasionne des coûts moyens plus élevés que la nouvelle.

Dans l'exemple n°2, on a supposé que le groupe diesel (dont les données sont spécifiées dans l'étude de cas de l'annexe I) est en service depuis déjà quatre ans. A la lumière d'une comparaison des coûts moyens par an et par kWh de l'ancienne installation (groupe diesel) et de la nouvelle (petite centrale hydro-électrique), il apparaît que les coûts sont nettement moins importants pour la nouvelle installation, malgré un service du capital moindre pour l'installation en place. On a donc intérêt à remplacer le groupe diesel par la petite usine hydro-électrique dès l'exercice suivant.

Exemple 2 :

Etude des avantages offerts par le remplacement d'un groupe diesel en service depuis quelques années par une petite centrale hydro-électrique avec amortissement linéaire du capital engagé *)

	Ancienne installation (groupe diesel)	Nouvelle installation (petite centrale hydro-électrique)
Frais d'investissement (F)	87 000	540 000
Production annuelle (kWh)	350 000	350 000
Durée de vie (années)	7	25
Années d'utilisation restantes pour l'installation en place	3	-
Période de comparaison (années)	3	3
Valeur résiduelle de l'installation en place au début de la période de comparaison (F)	43 000	-
Valeur de liquidation de l'installation en place à la fin de la période de comparaison (F)	10 000	-
Valeur de liquidation de la nouvelle installation en fin de vie utile (F)	-	0
Amortissement de l'installation en place (F/an) ((43 000 - 10 000) : 3)	11 000	-
Amortissement de la nouvelle installation (F/an) ((540 000 - 0) : 25)	-	21 600
Intérêts (8 % sur le capital investi en moyenne) (F/an)	1 880	21 600
Frais de personnel	16 000	16 000
Frais d'entretien et de réparation (F/an)	14 400	18 900
Frais énergétiques (F/an)	105 000	-
Matières consommables (F/an)	-	-
Frais administratifs (F/an)	5 000	5 000
Total des coûts (F/an)	153 280	83 100
Coûts par unité produite (F/kWh)	0,44	0,24

*) Les données indiquées ici sont empruntées à l'étude de cas constituant l'annexe I. On admet que les coûts prévus pour la première année sont également applicables aux années suivantes.

2. Etude comparative des annuités de dépenses (méthode comptable)

Nous avons fait remarquer précédemment que le calcul comparatif des coûts pouvait être interprété comme un mode d'approche simplifié de l'étude comparative des annuités de dépenses. Cette dernière consiste à convertir les frais d'investissement occasionnés pendant toute la durée du projet en une série de versements annuels uniformes (annuités).

La conversion s'opère à l'aide d'un facteur de recouvrement (FR) dont la valeur est fonction du taux d'actualisation appliqué et du nombre d'années d'utilisation. Les facteurs de recouvrement applicables en fonction de divers taux d'intérêt (i) et durées d'utilisation figurent à la table 2 de l'annexe IV.

Les frais courants annuels (F_c) sont - tout comme pour le calcul comparatif des coûts - les frais annuels moyens ou bien les frais courants de la première année s'il y a lieu de penser que ces derniers correspondent aux frais annuels moyens.

La valeur de liquidation de l'installation représente le capital immobilisé pendant toute la durée d'utilisation et doit par conséquent être rémunérée d'intérêts pendant toute cette période.

Le coûts totaux annuels d'une installation se calculent comme suit :

$$AN_D = F_c + (I_0 - L) \cdot FR(i, t) + L \cdot i$$

L'annuité de dépenses fournit tout d'abord les coûts totaux annuels prévus pour un investissement. Après division de ces coûts par le nombre d'unités produites (par exemple kWh/an), elle permet également d'obtenir les coûts par unité.

Exemple 3 :

Calcul de l'annuité de dépenses pour une petite centrale hydro-électrique (voir étude de cas à l'annexe I)

Données du projet :

$$\begin{aligned} F_c \text{ (pour les années d'exploitation 1 à 25)} &= 39\,900, \text{-- } F \\ I_0 &= 540\,000, \text{-- } F \\ L \text{ (au bout de 25 années d'exploitation)} &= 0 \\ i \text{ (taux d'actualisation)} &= 8\% \\ AN_D = F_c + (I_0 - L) \cdot FR(8\%, 25) + L \cdot i &= \\ AN_D = 39\,900 + (540\,000 - 0) \cdot 0,094 + 0 \cdot 0,08 &= \\ &= 39\,900 + 50\,585,50 = 90\,485,50 F \end{aligned}$$

L'étude comparative des annuités de dépenses tenant compte des intérêts composés, elle fournit des valeurs plus précises que le calcul comparatif des coûts présenté précédemment, dont le facteur de service du capital (amortissement et intérêts du capital investi) est toujours inférieur au facteur de recouvrement appliqué dans la méthode des annuités. Cette dernière impose par contre le recours à l'ordinateur ou à des tables financières pour le calcul du facteur de recouvrement.

A noter que l'annuité calculée selon la méthode comptable est identique à celle obtenue par la méthode dynamique lorsqu'il y a lieu de s'attendre à des dépenses courantes annuelles constantes ou lorsque les dépenses de la première année peuvent être considérées comme valeurs moyennes probables.

Si plusieurs installations entrent en ligne de compte pour un rendement déterminé, le choix se portera sur celle présentant l'annuité de dépenses la plus faible et les coûts les moins importants par unité de travail.

L'exemple n°4 montre que la méthode comparative des annuités de dépenses conduit dans ce cas au même résultat que le calcul comparatif des coûts. Cependant, les valeurs estimées pour les coûts financiers sont plus élevées que dans le calcul comparatif des coûts - notamment pour l'investissement à forte intensité de capital - en raison de la prise en considération des intérêts composés.

Pour solutionner le problème du remplacement d'une installation, on peut appliquer la méthode comparative des annuités de dépenses au même titre que le calcul comparatif des coûts.

Une installation ancienne devra être remplacée si l'annuité de dépenses de l'installation neuve est plus faible.

Le résultat de l'exemple 5 démontre, par la méthode comparative de l'annuité de dépenses, qu'il est très avantageux de remplacer le groupe diesel en service depuis quatre ans par une petite centrale hydro-électrique.

Exemple 4 :

Détermination de l'installation la moins coûteuse pour l'approvisionnement en électricité d'une petite ville par l'étude comparative des annuités de dépenses *)

	Petite centrale hydro-électrique	Groupe diesel
Frais d'investissement (F)	540 000	87 000
Durée de vie (années)	25	7
Valeur de liquidation en fin de vie utile	-	10 000
Unités produites par an (kWh)	350 000	350 000
Annuité des frais d'investissement (i=8%) (F/an)	50 587	14 790
Dépenses courantes (F/an)	39 900	140 400
Intérêts majorant la valeur de liquidation (i=8%) (F/an)	0	800
Total des coûts (F/an)	90 487	155 990
Coûts par unité produite (F/kWh)	0,26	0,45

*) Les données indiquées ici sont empruntées à l'étude de cas constituant l'annexe I. On admet que les coûts prévus pour la première année sont également applicables aux années suivantes.

Exemple 5 :

Etude des avantages offerts par le remplacement d'un groupe diesel en service depuis quelques années par une petite centrale hydro-électrique au moyen de la comparaison des annuités de dépenses *)

	Ancienne installation (groupe diesel)	Nouvelle installation (petite centrale hydro-électrique)
Frais d'investissement (F)	87 000	540 000
Production annuelle (kWh)	350 000	350 000
Durée de vie (années)	7	25
Années d'utilisation restantes pour l'installation en place	3	-
Période de comparaison (années)	3	3
Valeur résiduelle de l'installation en place au début de la période de comparaison (F)	43 000	-
Valeur de liquidation de l'installation en place à la fin de la période de comparaison (F)	10 000	-
Valeur de liquidation de la nouvelle installation en fin de vie utile (F)	-	0
Annuité des frais d'investissement de l'installation en place (F/an) ($(43\ 000 - 10\ 000) \cdot FR(8\%, 3)$)	12 805	-
Annuité des frais d'investissement de la nouvelle installation (F/an) ($(540\ 000 - 0) \cdot FR(8\%, 25)$)	-	50 587
Dépenses courantes (F/an)	140 400	39 900
Intérêts majorant la valeur de liquidation (i=8%) (F/an)	800	0
Total des coûts (F/an)	154 005	90 487
Coûts par unité produite (F/kWh)	0,44	0,26

*) Les données indiquées ici sont empruntées à l'étude de cas constituant l'annexe I. On admet que les coûts prévus pour la première année sont également applicables aux années suivantes.

3. Calcul de la rentabilité

Dans le calcul (statique) de la rentabilité - également désignée par ROI (return-on-investment) - on établit le rapport entre bénéfice moyen par période (généralement un an) d'un projet d'investissement d'une part et capital moyen engagé d'autre part.

$$ROI = \frac{B}{C_M} \cdot 100 \quad (= \% \text{ par période})$$

ROI = taux de rentabilité

B = bénéfice moyen dégagé par période

C_M = capital moyen investi par période

Pour satisfaire au critère de rentabilité absolue, le taux de rentabilité obtenu doit être égal ou supérieur à la rentabilité minimale exigée.

Le bénéfice moyen servant de base au calcul correspond au cash-flow courant moyen par période (= excédent des recettes sur les dépenses courantes) amputé de l'amortissement linéaire pour cette même période. Si on désire, comme c'est le cas habituellement, calculer le taux annuel de rentabilité d'un projet d'investissement, on peut, pour -B-, utiliser la valeur figurant au poste 5.3 du tableau 1 pour la première année à condition de pouvoir admettre des cash-flows courants et amortissements constants (poste 5.2 du tableau 1). Si, par contre, on s'attend à une variation des bénéfices d'une année sur l'autre, il convient de prendre pour -B- une valeur moyenne.

Pour calculer approximativement le capital moyen engagé (C_M), on peut utiliser la formule simple suivante :

$$C_M = \frac{1}{2} (I_0 - L) + L$$

I_0 = Frais d'investissement

L = Valeur de liquidation en fin de vie utile

On admet ici que le capital amortissable pendant la durée de vie d'une installation (amortissement linéaire) est investi dans chaque période à raison de la moitié en moyenne tandis que la valeur de liquidation escomptée est immobilisée en totalité dans chaque période.

Exemple 6 :

Calcul de la rentabilité (ROI) d'une petite centrale hydro-électrique (voir étude de cas, annexe I)

Données du projet :

I_0 = 540 000 F

L = 0

C_M = capital moyen investi ($I_0:2$) = 270 000 F

B = Bénéfice (cash-flow courant - amortissement) = 113 500 F

$ROI = \frac{B}{C_M} \cdot 100$

$ROI_1 = \frac{113\ 500}{270\ 000} \cdot 100 = 42\% \text{ (par an)}$

Si on admet que le taux de rentabilité (ROI) exigé pour ce projet d'investissement était de 11 % minimum, la réalisation du projet offre un très grand intérêt puisque le ROI₁ de 42 % obtenu est largement supérieur au taux de rentabilité minimum exigé.

Lors de l'application de cette méthode comptable, il importe de tenir compte du fait que le taux de rentabilité minimum - ROI_{min} - du capital engagé, utilisé très nettement d'appréciation de la rentabilité absolue d'un projet, doit être d'intérêt effectivement applicable à un projet : si le projet cité à l'exemple 6 était financé entièrement par des emprunts à 8 % (= taux d'actualisation), le service de la dette contractée (amortissement et intérêts du capital investi) ne pourrait être assuré que si l'on obtenait, par cette méthode de calcul, un taux de rentabilité (ROI) minimal de 10,8 %.

Ceci fait apparaître - au même titre que la comparaison des taux de rentabilité calculés dans cette section avec les taux de rendement interne (IRR) de la section C.II.3 pour les deux projets "petite centrale hydro-électrique" et "groupe diesel" - que la méthode ROI fournit des valeurs très approximatives sur la rémunération du capital, de sorte que son utilisation doit être limitée à des calculs estimatifs.

Le calcul de rentabilité peut également être utilisé lorsqu'il s'agit de déterminer, parmi deux ou plusieurs options d'investissement, celle présentant le plus d'avantages. Il convient toutefois de noter que la comparaison des valeurs du ROI et le choix du projet présentant le taux de rentabilité le plus élevé risquent de conduire à des erreurs de décision. Si les dépenses d'investissement et la durée de vie ne sont pas les mêmes pour les différentes options envisagées et si le montant différentiel de l'investissement ne peut être investi à un taux de rentabilité égal à celui de l'investissement à plus faible intensité de capital (ce qui risque fort d'ailleurs d'être le cas), la comparaison de la rentabilité d'investissements plus ou moins gourmands en capitaux devra se fonder sur la rentabilité de l'investissement différentiel.

Pour cela, on compare la différence des bénéfices par période des deux investissements, différence exprimée en pourcentage de la différence de capital entre ces derniers, au taux de rentabilité minimum exigé. Si le taux de rentabilité de l'investissement différentiel est supérieur au taux de rentabilité minimum requis, on accordera la préférence à l'investissement exigeant le plus gros apport de capitaux.

On applique donc la formule :

$$\frac{B_1 - B_2}{C_M - C_M} \cdot 100 \text{ ROI min.}$$

B = bénéfice moyen par période
C_M = capital moyen investi par période

I = investissement exigeant le plus gros apport moyen de capitaux
II = investissement exigeant le plus faible apport moyen de capitaux
ROI_{min} = rentabilité minimale exigée

Exemple 7 :
Choix de l'investissement le plus rentable sur la base de la rentabilité de l'investissement différentiel *)

	Petite centrale hydro-électrique	Groupe diesel	Investissement différentiel
Dépenses d'investissement I ₀	540 000	87 000	-
Valeur de liquidation L	-	10 000	-
Durée de vie T	25	7**)	-
Capital moyen engagé (I ₀ - L) : 2 + L)	270 000	48 500	221 500
Bénéfice moyen B	113 500	23 600	89 900
Taux de rentabilité ROI	42 %	49 %	41 %
$\frac{B}{(I_0 - L) : 2 + L} \cdot 100$			

*) Les chiffres indiqués ici sont empruntés à l'étude de cas constituant l'annexe I. On admet que les coûts prévus pour la première année sont également applicables aux années suivantes.

**) Etant donné que les deux projets ont des durées de vie très différentes, il a été admis, pour le calcul du bénéfice moyen dégagé par l'investissement différentiel - B₀ - que le groupe diesel était remplacé, en fin de vie utile, par un groupe analogue acquis aux mêmes conditions.

A la lumière des résultats de l'exemple 7, le projet "groupe diesel" présente un taux de rentabilité (49 %) supérieur à celui du projet "petite centrale hydro-électrique" (42 %). Néanmoins, la sélection du projet "groupe diesel" serait sans doute une erreur car il est fort peu probable que l'écart entre les dépenses d'investissement des deux projets puisse être investi de façon tout aussi rentable.

En effet, la petite centrale hydro-électrique entraîne des intérêts élevés en raison de l'importance des capitaux investis et le taux de rentabilité de l'investissement différentiel (41%) est à tel point supérieur au taux de rentabilité minimal exigé (11%) qu'il est permis d'affirmer que la petite centrale hydro-électrique constitue dans ce cas l'investissement le plus rentable.

La condition de rentabilité

$$ROI_D = 4\% > ROI_{\min} = 1\%$$

est pleinement satisfaite par la petite centrale hydro-électrique en tant qu'investissement nécessitant le plus gros apport de capitaux.

4. Calcul du délai simple de récupération

Le calcul du délai de récupération a pour objet de déterminer la date à laquelle le capital investi sera récupéré par les cash-flows courants annuels successifs. Le laps de temps se situant entre cette date et le début de l'investissement est désigné sous le nom de délai de récupération ou période de récupération ou encore période de recouvrement (pay-back, pay-off ou pay-out-period dans les pays anglo-saxons).

La date à laquelle le capital est amorti (fin du délai de récupération) est celle où le solde des dépenses et recettes devient nul.

Deux méthodes permettent le calcul du délai simple de récupération :

- la méthode cumulative consiste à faire le cumul des dépenses d'investissement et des cash-flows courants annuels jusqu'à ce que la somme atteigne la valeur zéro ou une valeur positive au cas où la date de récupération est atteinte en cours d'exercice.

Dans cette technique, le délai de récupération correspond au nombre d'années entrant en ligne de compte dans la somme.

Exemple 8 :

Calcul du délai simple de récupération d'une petite centrale hydro-électrique par application de la "méthode cumulative" (voir étude de cas, annexe I)

	Versement annuel	cumul
Dépenses d'investissement (F)	- 540 000	- 540 000
Cash-flows courants (F/an)		
1ère année	+ 135 100	- 404 900
2ème année	+ 135 100	- 269 800
3ème année	+ 135 100	- 134 700
4ème année	+ 135 100	+ 400
jusqu'à 25ème année	+ 135 100	

Dans l'exemple ci-dessus, on constate que la mise de capital se trouve entièrement récupérée avant la fin de la quatrième année d'exploitation. Le délai de récupération n'est donc que de quatre ans environ.

- La méthode des moyennes permet de calculer le délai de récupération (n) en divisant le coût du projet par la moyenne de ses cash-flows courants annuels :

$$n = \frac{\text{capital investi}}{\text{cash-flow courant annuel}}$$

Cette méthode simple ne peut toutefois être appliquée qu'après avoir calculé la moyenne des cash-flows annuels ou en partant du principe que le cash-flow de la première année a valeur de cash-flow moyen.

Exemple 9 :

Calcul du délai simple de récupération d'une petite centrale hydro-électrique par application de la "méthode des moyennes" (voir étude de cas, annexe I)

Capital investi (= dépense d'investissement) : 540 000, -- F

Cash-flow courant annuel : 135 100, -- F

Délai de récupération : n

$$n = \frac{\text{capital investi}}{\text{cash-flow courant annuel}}$$

$$n = \frac{540\,000}{135\,100} = 3,997 \approx \text{env. 4 ans}$$

Comme l'indique le résultat de l'exemple 9, on obtient dans ce cas par les deux méthodes un délai de récupération de quatre ans à peine. Si l'on compare ce délai de récupération de quatre ans avec la durée de vie estimée du projet (25 ans), on constate que le projet sera amorti bien avant la fin de la vie utile maximum et qu'il satisfait ainsi pleinement au critère de la rentabilité minimum exigée.

Lorsqu'on prend le délai de récupération comme critère de rentabilité, un projet est considéré comme absolument rentable lorsqu'il est amorti pendant la vie utile ou pendant le délai de récupération maximum exigé, celui-ci étant plus court que la vie utile techniquement possible.

Il convient d'attirer ici tout particulièrement l'attention sur le fait que le calcul du délai de récupération est essentiellement un calcul d'appréciation du risque. En effet, il ne permet pas de tirer la moindre conclusion quant à la rentabilité d'un projet mais fournit tout au plus une indication sur le risque économique lié à l'investissement eu égard aux incertitudes quant à l'évolution future.

Le délai de récupération ne devrait donc pas être le seul critère d'appréciation d'un projet. Cette remarque vaut tout particulièrement lors de la comparaison de différentes options d'investissement, car il peut fort bien se produire qu'un projet présente un délai de récupération plus court tout en ayant un taux de rentabilité plus faible qu'une autre option d'investissement. Dans ce cas, le choix d'un projet uniquement sur la base du délai de récupération serait une erreur de décision.

Exemple 10 :

Comparaison d'une petite centrale hydro-électrique et d'un groupe diesel sur la base du délai simple de récupération *) (méthode des moyennes)

	Petite centrale hydro-électrique	Groupe diesel
Frais d'investissement (F)	540 000	87 000
Durée de vie (années)	25	7
Cash-flow courant annuel moyen (F/an)	135 100	34 600
Délai de récupération (années)	4,0	2,5

*) Les chiffres indiqués ici sont empruntés à l'étude de cas constituant l'annexe I. On admet que les coûts prévus pour la première année sont également applicables aux années suivantes.

Les résultats de l'exemple 10 montrent que le délai de récupération des deux projets est nettement plus court que leur durée de vie technique. Comme nous l'avons fait remarquer précédemment, le fait que le groupe diesel présente un délai de récupération plus court que la centrale hydro-électrique ne permet en aucun cas de déduire que ce projet est plus rentable. Ceci démontre simplement que le capital investi peut, dans les conditions posées comme hypothèses, être récupéré plus rapidement.

Dans la mesure où un délai de récupération de 4 ans ne paraît pas trop long à un investisseur - notons que dans les pays en développement, on n'accepte souvent que des délais de récupération courts -, aucun des deux projets ne doit être rejeté comme étant absolument non rentable en fonction du critère du délai de récupération.

Précisons d'ores et déjà que l'on ne peut accorder qu'une confiance toute relative aux résultats fournis par cette méthode pour l'évaluation des risques encourus ; il est donc recommandé d'étudier la sensibilité du délai de récupération à d'éventuelles modifications de paramètres importants. En admettant par exemple que les prix de vente diminuent de 0,05 F/kWh, le délai de récupération du groupe diesel passerait de 2,5 ans (exemple 10) à 5 ans, tandis que celui de la centrale hydro-électrique n'augmenterait que de 6 mois. Pour un prix de vente inférieur de 0,10 F/kWh, les cash-flows courants annuels du groupe diesel prendraient même des valeurs négatives de telle sorte que le recouvrement des capitaux investis ne serait plus réalisable. Par contre, pour un prix horaire du kWh de l'ordre de 0,40 DM, la période de récupération de la petite centrale hydro-électrique passerait de 4,0 à tout juste 5,4 ans.

Ces quelques chiffres indiquent clairement que le projet ayant la période de récupération la plus brève peut précisément être celui qui, économiquement parlant, présente le plus de risques. C'est la raison pour laquelle le critère du délai de récupération - bien qu'il soit très souvent appliqué dans la pratique - ne devrait être utilisé qu'avec circonspection à moins d'être assorti d'une analyse de sensibilité.

II. Méthodes dynamiques de calcul de la rentabilité

1. Méthode de la valeur actuelle nette

Comme nous l'avons déjà mentionné au début de ce chapitre, les méthodes de calcul dites dynamiques, contrairement aux méthodes comptables, tiennent pleinement compte du fait que toute entrée ou sortie de liquidités peut avoir dans le moment présent une valeur très différente selon la date à laquelle est effectué le paiement.

Par valeur actuelle, on entend la valeur que l'on doit attribuer aujourd'hui, c'est-à-dire avant le démarrage du projet d'investissement ou avant la mise en service d'une installation ($t = 0$), à un versement effectué dans le passé ou devant être effectué dans l'avenir. Elle se calcule par actualisation pour les paiements à effectuer et par composition pour les paiements déjà effectués, ceci à l'aide d'un facteur fonction du taux d'actualisation retenu et du laps de temps existant entre le paiement et le démarrage du projet. La composition est très rare dans la pratique ; elle ne s'avère nécessaire que dans le cas d'investissements de grande envergure où les frais d'investissement s'étendent sur plusieurs années avant le démarrage du projet. Par contre, l'actualisation (ou escompte) est indispensable pour tout projet d'investissement d'une durée supérieure à un an. Les facteurs d'actualisation correspondant aux différents taux d'actualisation (i) et années (t) figurent à la table 1 de l'annexe IV.

La valeur actuelle nette (net present value-VAN) d'un investissement au moment $t=0$ est égale à la somme des valeurs actuelles de toutes les dépenses et recettes liées à l'investissement.

Dans le but de simplifier les calculs, on utilise généralement le solde des dépenses et recettes courantes, c'est-à-dire les cash-flows courants annuels. Autrement dit, la valeur actuelle nette d'un investissement est égale à la somme des cash-flows actualisés plus la valeur actuelle de liquidation et moins la valeur actuelle des dépenses d'investissement, soit :

$$\begin{aligned} \text{VAN} &= (C_0 - I_0) \cdot q^0 + \dots + (C_t - I_t) \cdot q^{-t} + L_T \cdot q^{-T} \\ &= \sum_{t=0}^T (C_t - I_t) \cdot q^{-t} + L_T \cdot q^{-T} \\ &= \sum_{t=0}^T N_t \cdot q^{-t} \end{aligned}$$

Légende

VAN	Valeur actuelle nette de l'investissement au moment $t = 0$
C_0	Cash-flow courant dans l'année de mise en service
C_t	Cash-flow courant au moment t
I_0	Frais d'investissement au moment $t = 0$
I_t	Frais d'investissement au moment t
q^{-t}	Facteur d'actualisation $q = 1 + \frac{i}{100}$

i = taux d'actualisation

t = date du paiement

L_T Valeur de liquidation en fin de vie utile

N_t Versement net au moment t

Dans la mesure où toutes les dépenses d'investissement sont payées au moment $t = 0$ et où les cash-flows courants sont réalisés au cours des années $t = 1, \dots, T$, la formule peut être simplifiée comme suit :

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^T C_t \cdot q^{-t} + L_T \cdot q^{-T}$$

Ce mode de calcul est illustré par l'exemple 11 où il s'agit de déterminer la valeur actuelle nette de la petite centrale hydro-électrique (voir étude de cas, annexe I). Pour ce calcul, les frais d'investissement, la valeur résiduelle (dans ce cas $= 0$) et les cash-flows courants annuels ont été regroupés à la rubrique "cash-flows". A la ligne suivante figurent les facteurs d'actualisation pour un taux d'actualisation de 8 % (tableau 1, annexe IV). Pour calculer la valeur actuelle de chaque versement annuel net, il suffit de multiplier les valeurs indiquées au poste "cash-flows" par les facteurs d'actualisation correspondants. La somme des valeurs actuelles annuelles représente la valeur actuelle nette de l'investissement, soit dans ce cas : 902 400 F. Les cash-flows courants annuels étant, dans cet exemple, constants (135 000 F), il aurait été beaucoup plus simple de déterminer la valeur actuelle nette - VAN - de l'investissement à l'aide du facteur d'actualisation d'une série uniforme (FA) :

$$VAN = -I_0 + C \cdot FA + L_T \cdot q^{-T}$$

où

$$I_0 = 540\,000 \text{ F}$$

$$C = 135\,000 \text{ F}$$

$$L_T = 0$$

$$FA \text{ (pour } t = 25 \text{ et } i = 8\%) = 10,675$$

$$VAN = -540\,000 + 135\,000 \cdot 10,675 + 0$$

$$= -540\,000 + 1\,442\,192,5 = 902\,192,5 \text{ F}$$

(Le faible écart entre cette valeur et celle obtenue plus haut provient du fait que certains chiffres ont été arrondis).

Exemple 11 : Calcul de la valeur actuelle nette - VAN - d'une petite centrale hydro-électrique * (en milliers de F)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dépenses	(540)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
d'investissement (I_t^{**})													
Valeur résiduelle (L_T)													
Cash-flow courant (C_t)	-	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1
Cash-flow	(540)	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1
Facteur d'actualisation (pour $i=8\%$) (discount factor)	1	0,926	0,857	0,794	0,735	0,681	0,630	0,583	0,541	0,500	0,463	0,429	0,397
Valeurs actuelles	(540)	125,1	115,8	107,3	99,3	92,0	85,1	78,8	73,1	67,6	62,6	58,0	53,6
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Dépenses	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
d'investissement (I_t^{**})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valeur résiduelle (L_T)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cash-flow courant (C_t)	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1
Cash-flow	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1	135,1
Facteur d'actualisation (pour $i=8\%$) (discount factor)	0,368	0,340	0,315	0,292	0,271	0,250	0,232	0,215	0,199	0,184	0,170	0,158	0,146
Valeurs actuelles	49,7	45,9	42,6	39,4	36,6	33,8	31,3	29,0	26,9	24,9	23,0	21,3	19,7

Valeur actuelle nette (= somme des valeurs actuelles $t_0 - t_{25}$) : VAN = 902 400 F

*) Les chiffres indiqués ici sont empruntés à l'étude de cas constituant l'annexe I. On admet que le montant des recettes/dépenses de la première année est également applicable aux années suivantes.

**) Les valeurs négatives sont indiquées entre parenthèses : ().

Les facteurs d'actualisation d'une série uniforme correspondant aux diverses durées de vie et taux d'intérêt figurent au tableau 3, annexe IV.

Comme nous venons de le démontrer, la détermination de la valeur actuelle nette d'un investissement est très simple lorsque l'on utilise les tables d'intérêt puisqu'il s'agit d'un calcul purement arithmétique.

La valeur actuelle nette d'un investissement exprime la variation probable du capital investi par rapport au moment t_0 et sur la base d'un taux d'intérêt donné (taux d'actualisation) pendant toute la durée du projet.

Lorsqu'on applique la méthode de la valeur actuelle nette, un investissement ne peut être considéré comme absolument rentable que si sa valeur actuelle nette est au moins égale à zéro. Si elle est négative, cela signifie que la rémunération minimale exigée pour le capital investi ne pourra pas être atteinte ; si, au contraire, la valeur actuelle nette est supérieure à zéro, ceci est la preuve que la rémunération du capital investi est supérieure au taux d'actualisation. Autrement dit, plus la valeur actuelle nette d'un investissement est élevée, plus celui-ci est rentable.

Lorsque plusieurs options d'investissement peuvent être envisagées, il importe de comparer les valeurs actuelles nettes des différents projets et d'opter pour celui présentant la valeur la plus élevée. L'option retenue doit satisfaire aussi au critère de rentabilité absolue, c'est-à-dire avoir une valeur actuelle nette positive.

Exemple 12 :

Comparaison d'une petite centrale hydro-électrique et d'un groupe diesel à l'aide de la méthode de la valeur actuelle nette *)

	Petite centrale hydro-électrique		Groupe diesel	
Dépenses d'investissement (t_0)	(540 000)	(540 000)	(87 000)	(87 000)**)
Valeur de liquidation (L_T)	-	-	10 000	
Facteur d'actualisation (q^{-T})			$x 0,583 =$ ($i=8\%$, $t=7$)	5 830
Cash-Flow courant ($C_1=C_2=C_T$)	135 100		34 600	
Facteur d'actualisation d'une série uniforme FA (i, t)	$x 10,675 =$ ($i=8\%$, $T=25$)	1 442 193	$x 5,206 =$ ($i=8\%$, $t=7$)	180 127,6
Valeur actuelle nette	VAN =	902 193	VAN =	98 958

*) Les chiffres indiqués ici sont empruntés à l'étude de cas constituant l'annexe I. On admet que le montant des recettes-dépenses de la première année est également applicable aux années suivantes.

**) Les valeurs négatives sont indiquées entre parenthèses : ().

Les résultats de l'exemple 12 montrent que les deux projets ont une valeur actuelle nette positive et qu'ils répondent par conséquent tous deux au critère de rentabilité absolue. Etant donné cependant que la valeur actuelle nette du projet d'investissement intitulé "petite centrale hydro-électrique" est largement supérieure à celle de l'autre projet, c'est sur ce premier projet que le choix devrait se porter.

Nous constatons toutefois que la sélection du projet le plus rentable par comparaison des valeurs actuelles nettes devient délicate lorsque - comme c'est le cas dans notre exemple - les deux projets d'investissement envisagés présentent des différences considérables tant en ce qui concerne les apports de capitaux nécessaires que la durée de vie. En pareil cas, l'application de la méthode de la valeur actuelle nette ne peut être envisagée sans réserves que s'il est permis d'admettre que le prêt ou le placement des capitaux nécessaires pourra être effectué à tout moment au taux d'actualisation retenu. (Si ceci se vérifie, la valeur actuelle nette des investissements d'appoint ou de remplacement pouvant être réalisés avec le capital différentiel est égale à zéro et n'affecte donc pas les valeurs de comparaison).

Une telle hypothèse n'étant pas très réaliste, il s'avérera nécessaire dans la pratique, soit de renoncer à appliquer la méthode de la valeur actuelle nette pour la sélection de l'investissement le plus rentable, soit - si les informations disponibles le permettent - d'introduire de manière adéquate d'éventuels investissements d'appoint et de remplacement dans l'étude comparative de rentabilité. En d'autres termes, l'option d'investissement exigeant le moins de capitaux et/ou ayant la durée de vie la plus courte ne doit pas être envisagée seule, mais sa valeur actuelle nette doit être déterminée sur la base d'un éventail d'investissements complémentaires dont les flux financiers et durées de vie, une fois additionnés, doivent coïncider dans la mesure du possible avec ceux du projet ayant la plus forte intensité du capital et/ou la durée de vie la plus longue.

Pour comparer la rentabilité de la petite centrale hydro-électrique et du groupe diesel, on admet que les deux projets seraient financés à 100 % par des crédits contractés au taux d'actualisation (8 %). Etant donné que l'on ignore s'il serait possible de placer les 453 000 F constituant la différence de mise de fonds entre les deux projets de telle sorte que la valeur actuelle nette de l'investissement "groupe diesel" puisse être augmentée par les investissements complémentaires susceptibles d'être effectués avec les 453 000 F que ce projet permet d'économiser - ce qui nécessiterait un taux d'intérêt supérieur à 8 % - il est impossible de prendre en considération, compte tenu des informations disponibles, des investissements complémentaires d'un montant de 453 000 F.

Néanmoins, il y a tout lieu de penser que dans le cas de l'installation d'un groupe diesel, celui-ci serait en fin de vie remplacé par un groupe du même type, à condition bien entendu que les conditions générales restent les mêmes. On peut ainsi prévoir une série d'investissements identiques dont la durée totale est certes imprévisible, mais dont il est possible d'apprécier la rentabilité pour une période de 25 ans - celle-ci étant, rappelons-le, la durée de vie prévue pour l'option "petite centrale hydro-électrique". A l'exemple 3 figurent les données numériques et la valeur actuelle nette de la série d'investissements escomptée, les calculs étant effectués sur la base de prix et volumes constants. Comme le montre le résultat obtenu, l'intégration des investissements complémentaires envisageables pour le "groupe-diesel" pendant la durée de vie de l'option "petite centrale hydro-électrique" modifie considérablement la valeur actuelle nette du projet "groupe diesel".

Exemple 13 :
Calcul de la valeur actuelle nette - VAN - d'un groupe diesel en fin de vie utile * (en milliers d'unités monétaires)
stimulantes périodiques en fin de vie utile * (en milliers d'unités monétaires)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dépenses	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
d'investissement (I _t)**	(87)	-	-	-	-	-	-	(87)	-	-	-	-	-
Valeur résiduelle (C _t)	-	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6
Cash-flow courant (C _t)	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6
Cash-flow	(87)	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6
Facteur d'actualisation	(87)	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6
(pour i=8%) (discount factor)	1	0,926	0,857	0,794	0,735	0,681	0,630	0,583	0,540	0,500	0,463	0,429	0,397
Valeurs actuelles	(87)	32,0	29,7	27,5	25,4	23,6	21,8	(24,7)	18,7	17,3	16,0	14,8	13,7
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Dépenses	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
d'investissement (I _t)**	-	(87)	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-
Valeur résiduelle (C _t)	-	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6
Cash-flow courant (C _t)	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6
Cash-flow	34,6	(42,4)	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6	(42,4)	34,6	34,6	34,6	34,6
Facteur d'actualisation	0,368	0,340	0,315	0,292	0,270	0,250	0,232	0,215	0,199	0,184	0,170	0,158	0,146
(pour i=8%) (discount factor)	0,368	0,340	0,315	0,292	0,270	0,250	0,232	0,215	0,199	0,184	0,170	0,158	0,146
Valeurs actuelles	12,7	(14,4)	10,9	10,2	9,3	8,7	8,0	7,4	(8,4)	6,4	5,9	5,5	11,3
Valeur actuelle nette (= somme des valeurs actuelles t ₀ - t ₂₅) : VAN = 202 200 F													

*) Les chiffres indiqués ici sont empruntés à l'étude de cas constituant l'annexe I. On admet que le montant des recettes/dépenses de la première année est également applicable aux années suivantes.
**) Les valeurs négatives sont indiquées entre parenthèses : (-)

Alors que la valeur actuelle nette du groupe diesel, pour une durée de vie de sept ans, est d'environ 99 000 F, cette même valeur passe à 202 200 F si l'on fait intervenir dans le calcul les investissements complémentaires escomptés sur une période de 25 ans. Si ce résultat ne modifie en rien l'ordre de préférence - la valeur actuelle nette du projet "petite centrale hydro-électrique" reste tout de même, avec 902 200 F, largement supérieure à celle de l'autre projet -, il montre néanmoins que le fait de ne pas tenir compte d'investissements complémentaires lors de la comparaison d'options d'investissement caractérisées par des durées d'utilisation différentes risque de conduire à des erreurs de décision. Ainsi, le risque d'une décision en faveur du projet le moins rentable est d'autant plus grand que la différence entre les durées d'utilisation et les frais d'investissement est importante et que la différence des valeurs actuelles nettes des projets est réduite.

Puisque nous avons vu que la méthode de la valeur actuelle nette ne constituait un critère d'appréciation valable que lorsque les frais d'investissement et les durées d'utilisation de deux projets sont sensiblement les mêmes, nous préconisons, dans tous les autres cas, de résoudre le problème du choix à l'aide de la méthode de l'annuité décrite plus loin, cette dernière permettant de comparer la rentabilité de projets d'investissement dont les durées d'utilisation sont très différentes.

2. Méthode du taux de rendement interne

On peut considérer la méthode du taux de rendement interne comme une forme particulière de la méthode de la valeur actuelle nette dont il vient d'être question.

Alors que cette dernière se fonde sur un intérêt minimum exigé, c'est-à-dire le taux d'actualisation, et que la valeur actuelle nette s'obtient par composition/actualisation de tous les versements imputables au projet, la méthode du taux de rendement interne (IRR) exige le calcul du taux d'intérêt auquel la valeur actuelle nette prend la valeur zéro.

Cela signifie que le taux de rendement interne d'un investissement (en anglais internal rate of return -IRR) exprime l'intérêt que pourrait rapporter le capital engagé dans l'investissement. 1)

La formule utilisée pour le calcul du taux de rendement interne (IRR) découle directement de celle de la valeur actuelle nette : étant admis que VAN = 0,

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^T C_t \cdot \left(1 + \frac{IRR}{100}\right)^{-t} + L_T \cdot \left(1 + \frac{IRR}{100}\right)^{-T}$$

Si l'on ne dispose pas d'un ordinateur pour déterminer la valeur - IRR -, on peut déterminer le taux de rendement interne en appliquant la méthode suivante :

- 1) La méthode du R.O.I. (Return-On-Investment) décrite à la section C.I.3 ne fournit, rappelons-le, qu'une approximation du taux de rentabilité qui peut être déterminé très exactement par la méthode du taux de rendement interne.

Après sélection de taux d'actualisation appropriés, on calcule, à l'aide de la méthode de la valeur actuelle nette, les valeurs VAN_1 et VAN_2 dont l'une devrait être négative. On peut alors calculer le taux de rendement interne - IRR - par interpolation graphique ou algébrique :

$$IRR = i_1 - \frac{i_2 - i_1}{\frac{VAN_2}{VAN_1} - 1}$$

Lorsque l'on applique la méthode du taux de rendement interne, le critère de décision est le suivant : pour que le projet soit considéré comme absolument rentable, il faut que le taux de rendement interne (IRR) soit supérieur ou égal au taux d'actualisation (i) et que par conséquent le taux de rentabilité minimum exigé soit assuré. On peut donc poser :

$$IRR \geq i$$

Exemple 14 :

Calcul du taux de rendement interne de la petite centrale hydro-électrique (voir étude de cas en annexe I)

Données du projet :

Dépenses d'investissement (I_0) = 540 000 F

Durée de vie ($T = t$ -années) : 25 ans

Cash-flows courants (C_t) : 135 100 F/an

Valeur de liquidation (L_T) : 0 F

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^T C_t \cdot q^{-t} + L_T \cdot q^{-T}$$

$$VAN_1 = 69\,833 \text{ pour } i_1 = 22\%$$

$$VAN_2 = -58\,508 \text{ pour } i_2 = 28\%$$

$$IRR = i_1 - \frac{i_2 - i_1}{\frac{VAN_2}{VAN_1} - 1} \%$$

donc :

$$IRR = 22 - 69\,833 \cdot \frac{28 - 22}{-58\,508 - 69\,833} =$$

$$= 22 - 69\,833 \cdot \frac{6}{-128\,341} = 22 + 3,3 = 25,3\% \quad \text{=====}$$

Le taux de rendement interne de la petite centrale hydro-électrique est donc de 25,3 %.

(La fonction servant de base au taux de rendement interne n'étant pas linéaire, ce résultat ne constitue qu'une première approche. Le choix de taux d'actualisation i_1 et i_2 plus rapprochés fournirait un résultat plus précis.)

Le taux de rendement interne de ce projet (25,3 %) dépassant largement le taux de rentabilité minimum exigé (8 %), le projet répond au critère de rentabilité absolue.

Pour résoudre le problème de choix lorsqu'on se trouve en présence de plusieurs options d'investissement, on compare les taux de rendement internes des différents projets.

Le choix se portera sur l'investissement présentant le taux de rendement interne le plus élevé. Notons que ce dernier doit être au moins égal au taux d'actualisation pour que l'option en question puisse être considérée comme absolument rentable.

Exemple 15 :

Calcul du taux de rendement interne du groupe diesel (voir étude de cas en annexe I)

Données du projet :

Dépenses d'investissement (I_0) = 87 000 F

Durée de vie ($T = t$ -années) : 7 ans

Cash-flows courants (C_t) : 34 600 F/an

Valeur de liquidation (L_T) : 10 000 F

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^T C_t \cdot q^{-t} + L_T \cdot q^{-T}$$

$$VAN_1 = 4\,964 \text{ pour } i_1 = 33\%$$

$$VAN_2 = -2\,706 \text{ pour } i_2 = 37\%$$

$$IRR = i_1 - \frac{i_2 - i_1}{\frac{VAN_2}{VAN_1} - 1} \%$$

donc :

$$IRR = 33 - 4\,964 \cdot \frac{37 - 33}{-2\,706 - 4\,964} = 36\% \quad \text{=====}$$

Le taux de rendement interne du groupe diesel est donc d'env. 36 %.

L'IRR du groupe diesel étant nettement supérieur à celui de la centrale hydro-électrique (env. 25 %), c'est donc sur le premier projet que le choix va se porter.

Il convient toutefois d'être extrêmement prudent dans l'interprétation du taux de rendement interne lorsque l'on est amené à comparer des projets exigeant des mises de fonds initiales différentes et/ou ayant des durées d'utilisation différentes. La comparaison directe ne permet de classer correctement les projets par ordre de rentabilité croissante ou décroissante que si l'on peut établir avec certitude que les investissements complémentaires peuvent être opérés à un taux d'intérêt égal au taux de rendement interne de l'investissement initial. Dans notre exemple, cela signifie que le groupe diesel ne devra être préféré à la centrale hydro-électrique que s'il est permis de supposer que la différence de mise de fonds entre les deux projets (540 000 - 87 000 = 453 000) ainsi que les fonds libérés successivement par le projet "groupe diesel" pourront être également placés, dans le cadre d'investissements complémentaires, à un taux d'intérêt de 36 %.

Or, il est bien évident que des taux d'intérêt aussi élevés ne sauraient être obtenus à tout moment sur toute somme désirée, ceci devenant de plus en plus invraisemblable au fur et à mesure que le taux de rendement interne d'un investissement s'éloigne du taux d'actualisation basé sur les données du marché. Par conséquent, pour éliminer tout risque d'erreur de décision, il convient de ne pas se fier uniquement à la comparaison des taux de rendement interne offerts par les différents projets étudiés.

Dans les ouvrages spécialisés, les praticiens proposent, pour éliminer les risques d'erreur, de résoudre le problème en calculant - tout comme dans la méthode du ROI 1) - le taux de rendement interne de l'investissement différentiel.

Ce conseil n'est cependant pas à suivre dans le cas qui nous occupe. Il est en effet préférable de renoncer à appliquer un tel procédé en raison de son extrême complexité et de recourir à la méthode de l'annuité décrite ci-après ainsi qu'à la méthode de la comparaison des annuités de dépenses présentée plus loin. Celle-ci permet de résoudre beaucoup plus simplement le problème de choix qui se pose lorsque l'on se trouve en présence de plusieurs options d'investissement.

3. Méthode de l'annuité

Cette méthode, qui est elle aussi une variante de la méthode de la valeur actuelle nette, consiste à transformer tous les versements nets effectués dans le cadre d'un projet en une série uniforme de versements annuels. Pour calculer l'annuité, on multiplie la valeur actuelle nette VAN (voir section C.II.1 portant sur le calcul de la valeur actuelle nette) par le facteur de recouvrement $FR(i, T)$ pour un taux d'actualisation donné (i) et une durée déterminée ($T = t$ années). L'annuité - AN - qui représente donc un versement annuel constant - d'un investissement se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$AN = VAN \cdot FR(t, i)$$

1) Voir section C.I.3

Exemple 16 :

Calcul de l'annuité d'une petite centrale hydro-électrique (voir étude de cas, annexe I), la valeur actuelle nette (VAN) étant connue.

Données du projet :

Valeur actuelle nette (VAN) : 902 400 F (Résultat de l'exemple n° 11, section C.II.1)

Durée de vie : 25 ans

Taux d'actualisation : 8 %

Facteur de recouvrement (FR) : 0,094 1)

FR (25;8 %)

$$AN = VAN \cdot FR(t, i)$$

$$AN = 902\,400 \cdot 0,094 = 84\,534$$

$$AN = 84\,534 \text{ F}$$

=====

Si la valeur actuelle nette d'un projet d'investissement n'a pas encore été calculée, l'annuité peut être décomposée - suivant la composition de la valeur actuelle nette - en ses éléments, lesquels peuvent être calculés séparément :

a) Annuité des frais d'investissement - AN_I :

$$AN_I = I_0 \cdot FR(i, T)$$

b) Annuité des cash-flows courants (excédent des recettes sur les dépenses courantes annuelles) AN_C :

$$AN_C = \left(\sum_{t=1}^T C_t \cdot q^{-t} \right) \cdot FR(i, T)$$

Cette formule peut être simplifiée comme suit :

$$AN_C = C \text{ (C = cash-flow courant annuel)}$$

si l'on admet des cash-flows courants annuels constants pendant toute la durée d'utilisation.

c) Annuité de la valeur de liquidation - AN_L :

$$AN_L = L_T \cdot q^{-T} \cdot FR(i, T)$$

1) La valeur du facteur de recouvrement (FR) a été relevée à la table 2, annexe IV.

L'annuité d'un projet d'investissement équivaut donc à :

$$AN = AN_C + AN_L - AN_I$$

Exemple 17 :

Calcul de l'annuité d'un groupe diesel (voir étude de cas-à l'annexe I)

Données du projet :

Durée de vie (T) :	7 ans
Dépenses d'investissement (I ₀) :	87 000 F
Cash flows courants (C) :	34 600 F par an
Valeur de liquidation (L _T) :	10 000 F
Taux d'actualisation (i) :	8 %
Facteur de recouvrement (FR) :	0,192
FR (8 % ; 7 ans)	

a. $AN_I = I_0 \cdot FR (8 \% ; 7)$

$$AN_I = 87\ 000 \cdot 0,192 = 16\ 712$$

$$AN_I = 16\ 712\ F$$

=====

b. $AN_C = \left(\sum_{t=1}^T C_t \cdot q^{-t} \right) \cdot FR (i, T)$

ou $AN_C = C$ pour des cash-flows courants annuels constants, comme c'est ici le cas

$$AN_C = 34\ 600\ F$$

=====

c. $AN_L = L_T \cdot q^{-T} \cdot FR (i, T)$

$$AN_L = 10\ 000 \cdot 0,583 \cdot 0,192 = 1\ 119$$

$$AN_L = 1\ 119\ F$$

=====

Remarque : la valeur du facteur d'actualisation

q^{-t} pour

$i = 8 \% \text{ et}$

$t = 7 \text{ ans}$

a été relevée à la table 1, annexe IV.

L'annuité de ce projet est donc :

$$AN = AN_C + AN_L - AN_I$$

$$AN = 34\ 600 + 1\ 119 - 16\ 712 = 19\ 007$$

$$AN = 19\ 007\ F$$

=====

Lorsqu'on applique la méthode de l'annuité, un investissement est considéré comme absolument rentable lorsque son annuité n'est pas négative ($AN \geq 0$). Le capital investi rapportant ainsi un intérêt équivalent au taux d'actualisation ou même un excédent annuel de la valeur de AN.

Etant donné que les projets d'investissement "petite centrale hydro-électrique" (exemple 16) et "groupe diesel" (exemple 17) dégagent l'un comme l'autre des annuités positives, ils répondent donc tous deux pleinement au critère de rentabilité absolue selon la méthode de l'annuité.

Si l'on se trouve en présence de plusieurs options d'investissement s'excluant mutuellement, on accordera la préférence à celle offrant l'annuité la plus élevée, à condition bien entendu que celle-ci réponde au critère de rentabilité absolue, c'est-à-dire que son annuité soit supérieure ou égale à zéro.

En conséquence, le choix se porterait, dans le cas qui nous occupe, sur le projet "petite centrale hydro-électrique" puisque son annuité (84 534 F) est largement supérieure à celle de l'option "groupe diesel" (19 007 F).

Contrairement à la méthode de la valeur actuelle nette dont elle est, rappelons-le, une variante, la méthode de l'annuité peut être appliquée sans risque d'erreur de décision pour comparer des projets dont les durées d'utilisation sont très inégales. En effet, avec cette méthode, ce sont les excédents annuels de recettes qui constituent la base de la comparaison et non - comme c'est le cas pour la méthode de la valeur actuelle nette - les excédents accumulés au cours des durées de vie totales - d'ailleurs généralement différentes - des diverses options d'investissement.

Malgré tout, il faut bien émettre certaines réserves à l'égard de la méthode de l'annuité lorsqu'on est contraint d'opérer un choix entre des projets exigeant des mises de capital différentes. Dans la mesure où il est impossible d'admettre que le prêt ou le placement des capitaux nécessaires pourra être effectué à tout moment au taux d'actualisation retenu - en pareil cas, l'annuité d'investissements complémentaires éventuels correspondant à l'écart des mises de fonds requises pour les projets serait égale à zéro et n'affecterait donc pas le résultat de la comparaison -, il faudrait, pour obtenir une base de comparaison parfaitement fiable, faire intervenir dans les calculs des investissements complémentaires.

Dans notre exemple de calcul "groupe diesel" opposé à "petite centrale hydro-électrique", le manque d'informations sur les investissements complémentaires réalisables en cas de sélection du projet "groupe diesel" contraint à supposer que des capitaux supplémentaires ne peuvent être placés qu'au taux d'actualisation retenu, de telle sorte que l'on peut se passer ici de faire intervenir des investissements complémentaires dans la comparaison.

Pour résoudre le problème posé par le remplacement de l'installation dans les cas où la production de la nouvelle installation doit être identique à l'ancienne sur le plan de la qualité comme de la quantité, il suffit d'appliquer la méthode de la comparaison des annuités de dépenses.

Dans tous les autres cas - par exemple lorsque la nouvelle installation autorise la fabrication de davantage de produits ou de produits d'une valeur supérieure -, le problème du remplacement de l'installation ancienne peut être résolu à l'aide de la méthode de l'annuité.

Le remplacement ne devra être envisagé que si l'annuité de l'installation ancienne est inférieure à celle de la nouvelle.

4. Méthode de la comparaison des annuités de dépenses (méthode dynamique)

Contrairement à la méthode de l'annuité qui permet l'appréciation non seulement de la rentabilité absolue mais aussi de la rentabilité relative de projets dont les finalités peuvent être très différentes, la méthode de la comparaison des annuités de dépenses ne peut être utilisée que pour estimer la rentabilité relative de projets de même type par comparaison des coûts imputables par an ou par unité de travail. Précisons qu'il s'agit d'une technique dérivée de la méthode de l'annuité.

L'objectif de la méthode dynamique de comparaison des annuités - au même titre que la méthode statique décrite plus haut - est d'identifier l'installation la moins coûteuse par comparaison des coûts de plusieurs options d'investissement destinées à la fabrication d'une quantité de produits déterminée.

Alors que pour la méthode comptable, on peut appliquer la formule

$$AN_D = F_C + (I_0 - L) \cdot FR(i, T) + L \cdot i$$

où F_C représente la valeur moyenne des dépenses annuelles lorsque celles-ci sont sujettes à fluctuations (voir section C.I.2), la méthode dynamique nécessite - comme toutes les méthodes dynamiques d'ailleurs - la prise en compte du facteur temps.

Pour calculer l'annuité de dépenses, on applique alors la formule suivante :

$$AN_D = \left[\sum_{t=1}^T F_C \cdot q^{-t} \right] + (I - L) \cdot FR(i, T) + L \cdot i$$

Les termes indiqués entre crochets signifient - contrairement au calcul comptable de l'annuité de dépenses - que l'on doit tout d'abord additionner toutes les valeurs actuelles des dépenses courantes (F_C) pour la durée de vie globale du projet.

Dans un second temps, on multiplie la somme des valeurs nettes des dépenses courantes par le facteur de recouvrement $FR(i, T)$. (Les facteurs de recouvrement en fonction des durées de vie et taux d'intérêt figurent à la table 2 de l'annexe IV).

Le résultat de cette opération - celle-ci est fort simple à effectuer lorsque l'on se sert des tables d'intérêts composés - correspond à l'annuité des dépenses courantes.

Comme le montre la formule, l'annuité totale des dépenses, calculée par la méthode dynamique, représente la somme de

- l'annuité des dépenses courantes
- l'annuité des frais d'investissement diminués de la valeur de liquidation
- l'intérêt sur la valeur de liquidation

Les annuités comptables et dynamiques sont identiques lorsque les dépenses courantes annuelles sont constantes. En pareil cas, on ne peut bien entendu que recommander l'emploi de la méthode comptable, qui est plus simple.

L'annuité des dépenses calculée à l'aide de la méthode dynamique représente les coûts annuels imputables au projet, compte tenu des taux d'intérêts applicables lorsque les dépenses annuelles sont d'un montant inégal. En divisant ces coûts par le nombre d'unités de travail produites ou à produire (par exemple kwh ou m³ d'eau potable par an), on obtient également le coût d'une unité de travail.

Si plusieurs options sont envisageables pour un volume de production donné, la préférence devrait être accordée à celle qui offre l'annuité dynamique la plus faible ou le coût par unité de travail le plus bas.

Pour résoudre le problème posé par un investissement de remplacement, on peut utiliser indifféremment la méthode comptable ou la méthode dynamique de la comparaison des annuités de dépenses.

D'après cette méthode, une installation ancienne doit être remplacée par une neuve si l'annuité dynamique de dépenses de l'installation ancienne est supérieure à celle de la nouvelle.

Pour calculer l'annuité de dépenses de l'installation ancienne, on prend comme dépense d'investissement fictive le produit de la liquidation de l'installation escompté pour l'année servant de base à la comparaison.

Nous renoncerons à illustrer cette méthode de calcul à l'aide des données de l'étude de cas puisque l'on admet, pour ces options d'investissement, des dépenses courantes annuelles fixes ; par conséquent le calcul de l'annuité dynamique aboutirait aux mêmes résultats que celui présenté à la section C.I.2 (méthode comptable).

5. Calcul dynamique du délai de récupération

Contrairement au calcul comptable du délai de récupération, la méthode dynamique prend en compte l'échelonnement dans le temps des encaissements et décaissements par actualisation ou composition des versements annuels nets en fonction de l'année de mise en service.

Le calcul du délai de récupération s'opère de façon cumulative : partant de l'année du premier versement, on additionne les valeurs actuelles des versements annuels nets jusqu'à ce que la somme atteigne, à une période donnée, une valeur supérieure ou égale à zéro. La période comprise entre ces deux dates est le délai dynamique de récupération.

Lorsque l'on recourt à ce critère pour l'appréciation de la rentabilité d'un investissement, celui-ci est considéré comme absolument rentable si la mise de capital est récupérée - y compris un intérêt minimum exigé - pendant la durée de vie ou pendant un délai de récupération maximum plus court que la durée de vie techniquement possible, ceci grâce aux excédents des recettes sur les dépenses courantes.

Exemple 18 :

Comparaison d'une petite centrale hydro-électrique et d'un groupe diesel à l'aide de leurs délais de récupération dynamiques respectifs *)

	Petite centrale hydro-électrique	Groupe diesel
Taux d'actualisation	8 %	8 %
Durée de vie (en années)	25	7
Valeur de liquidation (F)		10 000
Dépenses d'investissement (F)	(540 000)**	(87 000)
Cash flows courants (F/an)	135 100	34 600
Valeurs actuelles :		
Dépenses d'investissement ($x q^0 = 1$)	(540 000)	(87 000)
Cash-flow courant		
1ère année ($x q^{-1} = 0,926$)	125 100	(414 900)
2ème année ($x q^{-2} = 0,857$)	115 800	(299 100)
3ème année ($x q^{-3} = 0,794$)	107 300	(191 800)
4ème année ($x q^{-4} = 0,735$)	99 300	(92 500)
5ème année ($x q^{-5} = 0,681$)	92 000	(500)
6ème année ($x q^{-6} = 0,630$)	85 100	84 600
Délai de récupération (dynamique)	5 ans	3 ans

*) Les données indiquées ici sont empruntées à l'étude de cas constituant l'annexe I. On admet que le montant des recettes et dépenses résultant de la première année est également applicable aux années suivantes.

**) Les valeurs négatives sont indiquées entre parenthèses : ()

Ainsi que le montrent les résultats de l'exemple 18, le délai de récupération dynamique des deux projets se situe très en dessous de leur durée de vie. Par conséquent, les deux projets satisfont au critère de rentabilité absolue. Si les délais de récupération dynamiques sont plus longs que les délais comptables, cela provient du fait que la méthode dynamique ne tient pas seulement compte de la récupération du capital engagé, mais aussi de celle des intérêts venant se greffer sur ce capital.

Pour apprécier la rentabilité relative de diverses options d'investissement, on part du principe que le projet le plus rentable est celui dont le délai de récupération dynamique est le plus court.

Par conséquent, dans le cas qui nous occupe, c'est le groupe diesel qui satisfait au critère de rentabilité. On le préférera au projet de centrale hydro-électrique puisque la mise de capital majorée des intérêts est récupérée au bout de trois ans environ, soit deux ans plus tôt que dans le cas de la centrale hydro-électrique.

Soulignons cependant encore une fois que même si un projet présente un délai de récupération plus court qu'un autre, cette constatation ne permet pas de conclure que le projet en question est réellement plus rentable.

Le délai de récupération doit avant tout être interprété comme un critère d'évaluation du risque : à noter cependant que les ouvrages spécialisés sont unanimes à admettre que le délai de récupération ne peut être considéré que comme un instrument d'appréciation globale du risque auquel il convient d'accorder un crédit limité. Comme nous l'avons vu à la section C.1.4 pour le calcul du délai de récupération comptable des deux projets de l'étude de cas, le simple fait de modifier un tant soit peu les données relatives aux prix de vente suffirait à modifier considérablement le délai de récupération du projet "groupe diesel". Il semble absolument nécessaire, pour se prémunir contre les aléas de la méthode du calcul du délai de récupération, de procéder à une analyse de sensibilité.

III. Le problème de l'inflation dans le calcul de rentabilité de projets d'investissement

Jusqu'à présent, nous avons étudié les différentes méthodes de calcul de rentabilité en supposant que la hausse des prix pendant la durée du projet était soit négligeable, soit compensée en prenant comme taux d'actualisation le taux de rendement réel. On est en outre parti du principe que les prix de tous les facteurs de production et produits varient selon un taux annuel identique.

Si cette approche présente indéniablement l'avantage de la simplicité, la globalisation de l'évolution des prix peut conduire à des erreurs de décision si l'on a lieu de penser que certains facteurs de production ou produits subiront une hausse nettement supérieure à la hausse générale des prix. L'expérience des deux dernières décennies tend à prouver que ce risque est particulièrement grand pour tous les projets touchant au domaine de l'énergie. De ce fait, il conviendrait de faire intervenir séparément dans le calcul de rentabilité le taux prévisionnel de hausse des prix pour chacun des facteurs de production ou produits.

La prise en considération différenciée de l'évolution des prix des différents inputs et outputs ne requiert aucune méthode de calcul de rentabilité autre que celles que nous venons de passer en revue. On se contentera de modifier les données de départ en ajustant les recettes et dépenses annuelles à l'aide de facteurs tenant compte du taux d'inflation prévisionnel correspondant.

Si l'on veut par exemple calculer la valeur actuelle nette d'un projet d'investissement en tenant compte des hausses de prix futures, il faut d'abord majorer les dépenses et recettes escomptées pour chaque année du temps d'utilisation du

taux d'inflation prévisionnel. A cette fin, on multiplie les flux annuels par un facteur de composition correspondant au taux d'inflation prévu pour chaque année considérée (voir table 4, annexe IV). Les dépenses et recettes annuelles ainsi ajustées seront ensuite regroupées au poste des "cash-flows", comme indiqué à la section C.II.1.

Le calcul des valeurs actuelles des versements annuels nets s'opère à l'aide des facteurs d'actualisation, lesquels se fondent sur les taux d'intérêt du marché pour capitaux d'emprunt ou placements de capitaux propres et non sur le taux de rendement réel. La valeur actuelle nette du projet d'investissement est donc égale à la somme des valeurs actuelles des versements annuels nets.

Sans le recours à l'ordinateur, la méthode de calcul explicitée ici risque d'être extrêmement fastidieuse surtout dans le cas de projets de longue durée. Les calculs se trouvent largement simplifiés lorsqu'il est permis de supposer que les différents postes de recettes et dépenses ne subiront aucune modification, c'est-à-dire que les recettes et dépenses prévues pour la première année ne se distinguent de celles de l'année suivante que par le montant de l'inflation.

La formule utilisée est celle de la section C.II.1, soit :

$$VAN = -I_0 + C + FA(i, t) + L_T \cdot q^{-T}$$

Le facteur d'actualisation d'une série uniforme (\overline{FA}) est représenté par l'équation suivante :

$$\overline{FA} = \frac{q^t - 1}{q^t (q - 1)}$$

$$\text{ou} \quad q = 1 + \frac{i^*}{100}$$

Pour le terme $-q^{-T}$, qui contient le taux de rendement réel (i^*), on peut également écrire

$$q = \frac{r}{e}$$

On a : $r = 1 + \frac{p}{100}$; p = taux d'intérêt du marché

$$e = 1 + \frac{a}{100} ; a = \text{taux d'inflation}$$

Si, dans le facteur d'actualisation (FA), on remplace q par $\frac{r}{e}$, ceci permet de prendre en compte le taux d'intérêt du marché ainsi que le taux d'inflation :

$$FA = \frac{\left(\frac{r}{e}\right)^t - 1}{\left(\frac{r}{e}\right) \cdot \left(\frac{r}{e} - 1\right)}$$

Si on décompose le cash-flow courant annuel (C) en ses éléments

$$C = R_1 + R_2 + \dots + R_m - D_I - D_{II} - \dots - D_m$$

R_j = poste des recettes ($j = 1, 2, \dots, m$)

D_k = poste des dépenses ($k = I, II, \dots, n$)

on peut alors multiplier chacun de ces éléments par un facteur d'actualisation de série uniforme exprimant les taux d'inflation respectifs.

Par exemple :

$$R_1 \cdot \frac{\left(\frac{r}{e}\right)^t - 1}{\left(\frac{r}{e}\right) \cdot \left(\frac{r}{e} - 1\right)}$$

En multipliant le poste des recettes $-R_1$ par le facteur d'actualisation correspondant, on obtient la somme des valeurs actuelles des recettes annuelles majorées de l'inflation. Autrement dit, on obtient la valeur actuelle nette du poste des recettes compte tenu du taux d'augmentation des prix.

La valeur actuelle de la valeur de liquidation (L_T) se calcule comme suit :

$$L_T \cdot q^{-T} = L_T \cdot \frac{e^T}{r^T}$$

étant donné que $q = \frac{r}{e}$

La valeur actuelle nette d'un projet d'investissement est donc égale à

$$VAN = -I_0 + R_1 \cdot \frac{(\frac{r}{e_1})^t - 1}{(\frac{r}{e_1})^t - (\frac{r}{e_1})} + R_2 \cdot \frac{(\frac{r}{e_2})^t - 1}{(\frac{r}{e_2})^t - (\frac{r}{e_2})} + \dots$$

$$-D_I \cdot \frac{(\frac{r}{e_I})^t - 1}{(\frac{r}{e_I})^t - (\frac{r}{e_I})} - D_{II} \cdot \frac{(\frac{r}{e_{II}})^t - 1}{(\frac{r}{e_{II}})^t - (\frac{r}{e_{II}})} + L_T \cdot \frac{(\frac{r}{e_L})^t - 1}{(\frac{r}{e_L})^t - (\frac{r}{e_L})}$$

I_0 = Dépenses d'investissement pour la période $t = 0$

R_j = poste des recettes ($j = 1, 2, \dots, m$)

D_k = poste des dépenses ($k = I, II, \dots, n$)

T = durée d'utilisation du projet (= t années)

L_T = valeur de liquidation en fin d'utilisation

$r = 1 + \frac{P}{100}$; P = taux d'intérêt du marché (%)

$e_h = 1 + \frac{a_h}{100}$; a_h = taux d'inflation du poste des recettes h ($h = 1, 2, \dots, m$)
ou du poste de dépenses h ($h = I, II, \dots, n$)

$e_L = 1 + \frac{a_L}{100}$; a_L = taux d'inflation des biens d'investissement

Le calcul de la valeur actuelle nette avec prise en compte de différents taux d'inflation pour divers facteurs de production/produits va être à présent illustré à l'aide des deux projets de l'étude de cas (annexe I), les données ayant été modifiées comme suit :

- a) le taux d'intérêt rémunérant les capitaux empruntés est de 32 % par an
- b) le taux d'inflation général est de 22 % par an
- c) le taux d'inflation du gazole est supérieur de 3 % au taux d'inflation général et s'élève donc à 25 % par an.

On admet également que le prix de vente de l'électricité fournie par l'installation suivra le taux d'inflation général.

Exemple 19 :

Calcul de la valeur actuelle nette d'une petite centrale hydro-électrique (voir étude de cas en annexe I) en supposant un taux d'inflation de 22 % par an et un taux d'actualisation de 32 % par an.

Données du projet :

Dépenses d'investissement (I_0)	: 540 000 F
Durée de vie ($T = t$ années)	: 25 ans
Valeur de liquidation (L_T)	: 0 F
Cash flows courants annuels (C)	: 135 100 F
Taux d'inflation général (a)	: 22 % par an $\Rightarrow e = 1,22$
Taux d'actualisation ($i = p$)	: 32 % par an $\Rightarrow r = 1,32$

$$VAN = -I_0 + C \cdot \frac{(\frac{r}{e})^t - 1}{(\frac{r}{e})^t - (\frac{r}{e})} + L_T \cdot \frac{(\frac{r}{e_L})^t - 1}{(\frac{r}{e_L})^t - (\frac{r}{e_L})}$$

$$VAN = -540\,000 + 135\,100 \cdot \frac{(\frac{1,32}{1,22})^{25} - 1}{(\frac{1,32}{1,22}) - 1} + 0 \cdot \frac{(\frac{1,32}{1,22})^{25} - 1}{(\frac{1,32}{1,22}) - 1}$$

$$VAN = -540\,000 + 135\,100 \cdot \frac{1,082^{25} - 1}{1,082 - 1}$$

$$VAN = -540\,000 + 135\,100 \cdot \frac{6,167}{7,167 - 0,082}$$

$$VAN = -540\,000 + 135\,100 \cdot 10,493 = 877\,630 \text{ F}$$

Exemple 20 :

Calcul de la valeur actuelle nette d'un groupe diesel (voir étude de cas en annexe I) en supposant un taux d'inflation général de 22 % par an, un taux d'inflation pour le gazole de 25 % et un taux d'intérêt pour les capitaux empruntés de 32 % par an.

Données du projet :

Dépenses d'investissement (I_0)	: 87 000 F
Durée de vie ($T = t$ années)	: 7 ans
Valeur de liquidation (L_T)	: 10 000 F
Cash-flows courants annuels (C)	: 34 600 F

Frais énergétiques (F_E)

105 000 F

Taux d'inflation général (a_1)

22 % par an $e_1 = 1,22$

Taux d'inflation pour le gazole (a_2)

25 % par an $e_2 = 1,25$

Taux d'actualisation ($i = p$)

32 % par an $r = 1,32$

$$VAN = -i_0 + (C + F_E) \cdot \frac{\left(\frac{r}{e_1}\right)^t - 1}{\left(\frac{r}{e_1}\right) - 1} - F_E \cdot \frac{\left(\frac{r}{e_2}\right)^t - 1}{\left(\frac{r}{e_2}\right) - 1} +$$

$$+ L_T \cdot \frac{e_1^T}{r^T}$$

$$VAN = -87\,000 + (34\,600 + 105\,000) \cdot \frac{\left(\frac{1,32}{1,22}\right)^7 - 1}{\left(\frac{1,32}{1,22}\right) - 1} - \frac{\left(\frac{1,32}{1,22}\right)^7 \cdot 1}{\left(\frac{1,32}{1,22}\right) - 1}$$

$$- 105\,000 \cdot \frac{\left(\frac{1,32}{1,25}\right)^7 - 1}{\left(\frac{1,32}{1,25}\right) - 1} + 10\,000 \cdot \frac{1,22^7}{1,32^7}$$

$$VAN = -87\,000 + 139\,600 \cdot 5,171 - 105\,000 \cdot 5,660 +$$

$$- 10\,000 \cdot 0,576$$

$$VAN = 46\,332 \text{ F}$$

=====

En admettant un taux d'actualisation de 32 % et un taux d'inflation de 22 %, le calcul de la valeur actuelle nette du projet de petite centrale hydro-électrique (exemple 19) fournit, comme il fallait s'y attendre, un résultat ($VAN = 877\,630 \text{ F}$) du même ordre que les calculs fondés sur un taux d'actualisation de 8 % ($VAN = 902\,400 \text{ F}$, exemple 11) dans la mesure où on admet une évolution uniforme de tous les prix. Le faible écart entre les deux résultats est dû au fait que le taux d'actualisation de 8 % utilisé à l'exemple 11 ne correspond pas exactement au taux de rendement réel qui est en fait de 8,2 %.

En revanche, il existe une très nette différence entre la valeur actuelle nette du "groupe diesel" obtenue à l'exemple 20 ($VAN = 46\,332 \text{ F}$) et celle calculée à l'exemple 12 (98 958 F), différence ne pouvant s'expliquer que dans une moindre mesure par l'écart entre le taux d'actualisation et le taux de rendement réel : en effet, même en appliquant un taux d'actualisation de 8,2 % (taux de rendement réel), on obtient encore une valeur actuelle nette de 97 696 F. En fait, la différence est surtout due au prix du gazole qui augmente annuellement de 3 % de

plus que les autres prix. Ceci fournit donc indiscutablement la preuve que la prise en considération d'une augmentation inégale des prix peut conduire à des résultats totalement différents de ceux obtenus lorsqu'on admet l'hypothèse d'une hausse uniforme.

IV. Analyse de sensibilité

Malgré tous les efforts entrepris en vue de perfectionner les techniques, les résultats des calculs de rentabilité comportent inévitablement une bonne part d'incertitude puisqu'ils sont fondés sur des données qui appartiennent en partie à un avenir incertain.

Ceci étant, il est certes indispensable d'analyser avec précision le degré de probabilité des hypothèses retenues en ce qui concerne l'évolution future de paramètres importants. Mais il faudrait aussi, du moins pour les projets de grande envergure, étudier la façon dont évoluent les différents indicateurs de rentabilité - valeur actuelle nette par exemple - lorsque les données considérées comme incertaines (durée du projet, dépenses d'investissement, taux d'actualisation, volumes et prix de vente, etc.) présentent un certain écart par rapport aux prévisions initiales.

L'analyse de sensibilité ne vise pas à éliminer l'incertitude inhérente à toute décision en matière d'investissement. Elle représente néanmoins un instrument permettant de quantifier les conséquences économiques d'une variation non prévue, mais malgré tout possible, de paramètres importants.

L'une des questions typiques de l'analyse de sensibilité est la suivante :

"Comment va évoluer tel ou tel résultat de calcul (par exemple la valeur actuelle nette, le délai de récupération, le taux de rendement interne) si une ou plusieurs hypothèses (par exemple le taux d'actualisation, la durée de vie du projet, les prix de vente) présentent un écart par rapport aux prévisions ?"

Si l'on augmente ou réduit l'une après l'autre toutes les données de base d'un pourcentage donné (admettons 10 %) et que l'on compare les modifications subies par le résultat du calcul (la valeur actuelle nette par exemple), on parvient à identifier les données de bases exerçant une influence prépondérante. Il convient d'accorder le plus grand intérêt à l'évolution de ces paramètres, car ils peuvent influencer durablement la réussite du projet.

Dans l'exemple 21, les valeurs retenues initialement pour chaque paramètre déterminant la rentabilité du projet ont été reprises une à une pour être augmentées puis diminuées de 10 %, la valeur actuelle nette correspondante étant recalculée à chaque fois. En comparant les différentes valeurs actuelles nettes ainsi obtenues avec celle initialement calculée, soit $VAN = 902\,400 \text{ F}$, on est parvenu à identifier les effets provoqués par une variation de $\pm 10 \%$ de chaque paramètre.

Comme le montre la comparaison des divergences par rapport à la valeur prévue initialement, la valeur actuelle nette de ce projet varie plus ou moins fortement selon les modifications apportées aux paramètres. On obtient par ordre décroissant de sensibilité le résultat suivant :

- Energie fournie
- Prix de vente
- Taux d'actualisation
- Dépenses d'investissement
- Durée de vie
- Frais d'entretien et de réparation
- Frais de personnel
- Frais administratifs

La modification à laquelle la valeur actuelle nette du projet est le plus sensible est celle du nombre de kilowatts-heures délivrés et du prix de vente, la modification des frais administratifs étant le facteur de moindre influence. Cependant, une comparaison des variations possibles de la valeur actuelle nette par rapport à la valeur initialement prévue (902 400 F) fait ressortir que, même en appliquant un critère pessimiste, une divergence de 10 % des paramètres n'affecte pas la rentabilité du projet en question. Ceci permet donc de conclure que la réalisation du projet ne comporte aucun risque économique dans la mesure où il est fort improbable que les variations des paramètres soient sensiblement supérieures à 10 %.

Exemple 21 :

Analyse de la sensibilité de la valeur actuelle nette de la petite centrale hydro-électrique (voir étude de cas, annexe I) à des modifications de paramètres importants de ± 10 %.

Valeur actuelle nette initialement prévue pour le projet :

$$VAN = 902\,400\text{ F}$$

Paramètres *)	Variation absolue de la valeur actuelle nette pour une variation des paramètres de	
	+ 10 %	- 10 %
01. Taux d'actualisation (8%)	- 93 575	+ 104 035
04. Durée de vie (25 ans)	+ 42 921	- 52 554
1.1 Dépenses d'investissement **)		
($I_0 = 540\,000$)	- 74 413	+ 73 938
2.1 Frais de personnel (16 000 F/an)	- 17 317	+ 16 842
2.2 Frais d'entretien et de réparation (18 900 F/an)	- 20 413	+ 19 938
2.5 Frais administratifs (5 000 F/an)	- 5 575	+ 5 100
4.1 a. Energie fournie (350 000 kWh/an)	+ 186 571	- 187 046
b. Prix de vente (0,50 F/kWh)	+ 186 571	- 187 046

*) Les valeurs indiquées entre parenthèses sont les valeurs initialement prévues.

**) Le poste 2.2 a été modifié dans le même temps de ± 10 %.

Exemple 22 :

Analyse de la sensibilité de la valeur actuelle nette du groupe diesel (voir étude de cas, annexe I) à des modifications de paramètres importants de ± 10 %.

Valeur actuelle nette prévue initialement pour le projet :

$$VAN = 98\,975\text{ F}$$

Paramètres *)	Variation absolue de la valeur actuelle nette pour une variation des paramètres de	
	+ 10 %	- 10 %
01. Taux d'actualisation (8%)	- 5 119	+ 5 348
02. Durée de vie (7 ans)	+ 12 930	- 13 645
1.1 Dépenses d'investissement **)		
($I_0 = 87\,000$)	- 8 117	+ 8 116
1.2 Valeur résiduelle/valeur de liquidation ($L_T = 10\,000$)	+ 583	- 584
2.1 Frais de personnel (16 000 F/an)	- 8 330	+ 8 331
2.2 Frais d'entretien et de réparation (14 400 F/an)	- 7 497	+ 7 498
2.3 Frais énergétiques (105 000 F/an)	- 54 666	+ 54 667
2.5 Frais administratifs (5 000 F/an)	- 2 603	+ 2 604
4.1 a. Energie fournie***)	(350 000 kWh/an) + 36 445	- 36 444
b. Prix de vente (0,50 F/kWh)	+ 91 112	- 91 111

*) Les valeurs indiquées entre parenthèses sont les valeurs initialement prévues.

**) La valeur de liquidation a été modifiée dans le même temps de ± 10 %.

***) Pour le poste 2.3, il a également été tenu compte de la consommation plus ou moins importante de gazole en fonction de l'énergie fournie.

Comme dans l'exemple 21, on a calculé ici les variations subies par la valeur actuelle nette du projet "groupe diesel" en modifiant un à un les paramètres importants. En ce qui concerne le degré de sensibilité de la valeur actuelle nette à ces variations, on obtient la hiérarchie suivante entre les divers paramètres :

- Prix de vente
- Frais énergétiques
- Energie fournie
- Durée de vie
- Frais de personnel
- Dépenses d'investissement
- Frais d'entretien et de réparation
- Frais administratifs
- Valeur résiduelle

On constate que la valeur actuelle nette de ce projet est également très sensible aux variations du prix de vente, mais que la hiérarchie des paramètres est sinon radicalement différente de celle de la petite centrale hydro-électrique.

On remarque surtout qu'une augmentation des frais énergétiques de l'ordre de 10 % absorberait plus de la moitié de la valeur actuelle nette prévue initialement et qu'une réduction de 10 % du prix de vente l'absorberait presque entièrement. Ceci amène à conclure que le risque lié au projet groupe diesel est beaucoup plus important que celui présenté par la petite centrale hydro-électrique.

Dans le cadre de l'analyse de sensibilité, la détermination de ce qu'il est convenu d'appeler "les valeurs critiques" revêt également un intérêt tout particulier. Si le calcul de rentabilité d'un projet d'investissement a fourni un résultat positif sur la base des valeurs retenues pour les données de base, la technique des valeurs critiques permet de vérifier dans quelle mesure les données de base aléatoires peuvent s'écarter des valeurs initiales sans que l'indice de rentabilité observé soit pour autant supérieur ou inférieur à une valeur exigée.

Pour calculer les valeurs critiques, on introduit la valeur minimale (ou maximale) exigée dans l'équation, dont le résultat fait apparaître la nouvelle valeur de la donnée de base aléatoire.

Si on désire par exemple déterminer la rentabilité d'un projet d'investissement à l'aide de la méthode de la valeur actuelle nette, ce projet est jugé rentable lorsqu'on obtient une valeur actuelle nette positive ($VAN > 0$). Cela veut dire qu'une valeur actuelle nette égale à zéro ($VAN = 0$) représente la valeur minimale exigée et qu'une valeur inférieure, c'est-à-dire négative, indiquerait que le projet n'est pas rentable. A l'aide de la technique des valeurs critiques, il s'agit alors de déterminer les valeurs des diverses données de base à partir desquelles la valeur actuelle nette est égale à zéro. Ces valeurs sont considérées comme "valeurs critiques" car il suffirait de les augmenter (ou de les réduire) pour que la valeur actuelle nette devienne négative.

Si on doit déterminer par exemple la valeur critique des dépenses d'investissements, la démarche sera la suivante :

Formule de la valeur actuelle nette :

$$VAN = -I_0 + C - FA + L_T \cdot q^{-T}$$

Condition : $VAN = 0$

S'il n'y a aucune valeur de liquidation à attendre, on a :

$$0 = -I_0 + C - FA$$

$$\text{soit : } I_0 = C - FA$$

Exemple 23 :

Calcul des "valeurs critiques" de la petite centrale hydro-électrique (voir étude de cas, annexe I)

Paramètres	VAN = 902 400 F		VAN = 0	
	Valeur prévisionnelle		Valeur critique	
01. Taux d'actualisation (%)	8		24,9	
04. Durée de vie (années)	25		5	
1.1 Dépenses d'investissement (F)	540 000		1 442 162	
2.1 Frais de personnel (F/an)	16 000		100 513	
2.2 Frais d'entretien et de réparation (F/an)	18 900		103 413	
2.5 Frais administratifs (F/an)	5 000		89 513	
4.1 a. Energie fournie (kWh/an)	350 000		180 974	
b. Prix de vente (F/kWh)	0,50		0,26	

Exemple 24 :

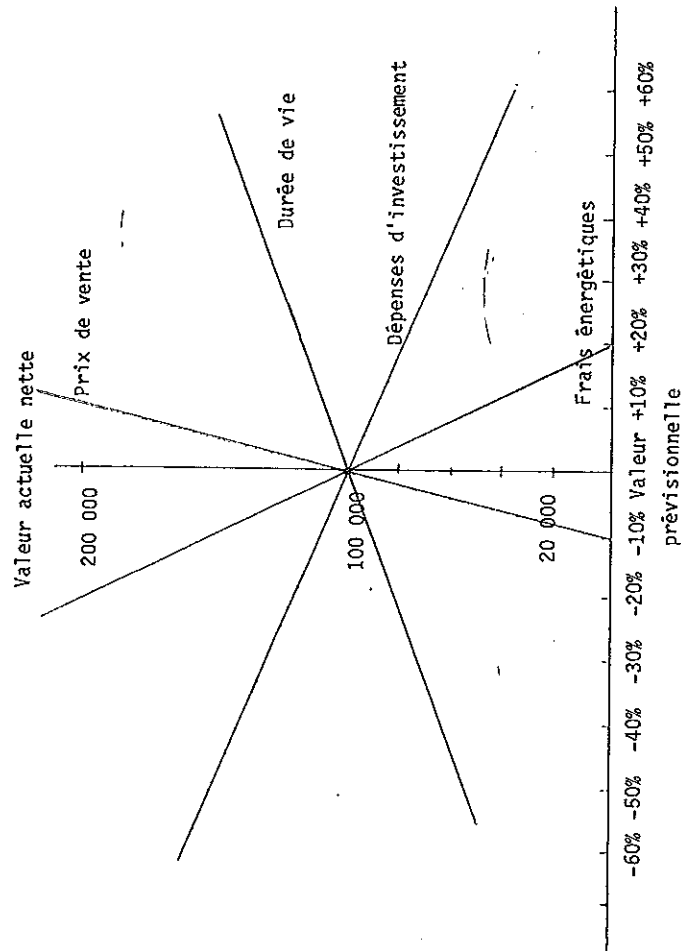
Calcul des "valeurs critiques" du groupe diesel (voir étude de cas, annexe I)

Paramètres	VAN = 98 975 F		VAN = 0	
	Valeur prévisionnelle		Valeur critique	
01. Taux d'actualisation (%)	8		35,5	
04. Durée de vie (années)	7		2,6	
1.1 Dépenses d'investissement (F)	87 000		185 975	
2.1 Frais de personnel (F/an)	16 000		35 010	
2.2 Frais d'entretien et de réparation (F/an)	14 400		33 410	
2.3 Frais énergétiques (F/an)	105 000		124 000	
2.5 Frais administratifs (F/an)	5 000		24 010	
4.1 a. Energie fournie (kWh/an)	350 000		254 950	
b. Prix de vente (F/kWh)	0,50		0,45	

Les exemples 23 et 24 font apparaître les "valeurs critiques", obtenues à l'aide de la technique présentée plus haut, des paramètres des projets "petite centrale hydro-électrique" et "groupe diesel" en regard des valeurs prévisionnelles.

Figure 3 :

Sensibilité de la valeur actuelle nette du groupe diesel (voir étude de cas, annexe 1) à des variations de $\pm 10\%$ de certains paramètres. 1)



Ainsi que le montre l'exemple du groupe diesel illustré à la figure 3, il est également possible de déterminer graphiquement les "valeurs critiques" des paramètres d'un projet, ce procédé offrant l'avantage de la simplicité. L'ordonnée (axe y) représente la valeur actuelle nette et l'abscisse (axe x) la variation des données de base exprimée en pourcentage. On inscrit ensuite sur l'axe y la valeur actuelle nette initiale, c'est-à-dire celle que l'on obtient lorsque tous les paramètres prennent la valeur escomptée, soit 98 975 F dans le cas qui nous occupe. Chaque courbe doit venir couper l'ordonnée en ce point (100 000). Dans la mesure où la relation entre la valeur actuelle nette et un paramètre donné est représentée par une fonction linéaire, il suffit de déterminer un seul autre point pour pouvoir tracer la courbe correspondante. Pour trouver ce deuxième point, on reprend tout simplement les valeurs chiffrées indiquées à l'exemple 21 : pour une variation du paramètre "prix de vente" de $+10\%$, la valeur actuelle nette se modifie de $+91\,112\text{ F}$, de sorte que pour un prix de vente de 10% supérieur au prix initialement prévu, la valeur actuelle nette passe à $190\,087\text{ F}$ ($98\,975 + 91\,112$). Le deuxième point de la courbe représentant la relation entre la valeur actuelle nette et le paramètre "prix de vente" a donc par conséquent comme coordonnées $+10\%$ et $190\,087\text{ F}$. L'intersection de la droite reliant ces deux points avec l'abscisse indique en pourcentage la "valeur critique" du paramètre

1) Les chiffres indiqués sur le graphique sont ceux de l'exemple 21.

par rapport à la valeur initialement retenue. La figure 3 permet ainsi de constater que la "valeur critique" du prix de vente se situe environ 12% en dessous de la valeur prévisionnelle, soit $0,50\text{ F} - 12\% = 0,44\text{ F}$. La "valeur critique" déterminée mathématiquement s'élevait à $0,45\text{ F}$ (voir exemple 24).

La méthode que nous venons de décrire peut être également appliquée aux autres paramètres - comme cela a été fait à la figure 3 -, ce qui donne un faisceau de courbes. Si celles-ci se recoupent toutes en un point de l'ordonnée représentant la valeur actuelle nette initiale, elles présentent néanmoins des inclinaisons extrêmement différentes. Ceci démontre que la valeur actuelle nette réagit de façon plus ou moins sensible aux variations de chaque paramètre.

De manière générale, on peut dire que plus l'inclinaison d'une courbe est proche de la verticale, plus la valeur actuelle nette est sensible à la modification du paramètre et plus la "valeur critique" est proche de la valeur prévisionnelle.

Ajoutons encore que cette technique peut être utilisée pour représenter la relation des paramètres avec d'autres résultats, tels que : taux de rendement interne, annuité, délai de récupération.

Si on compare les valeurs critiques avec les valeurs initiales prévues ou avec les valeurs critiques du projet substituable, il est surprenant de constater dans quelle mesure par exemple les frais d'investissement des deux projets considérés pourraient augmenter sans que ces projets cessent pour autant d'être rentables, en admettant bien entendu que les autres paramètres restent inchangés. Dans le cas du projet "groupe diesel", un doublement des frais d'investissement aurait à peine plus d'incidence sur la rentabilité qu'un doublement des frais annuels de personnel.

On constate également avec intérêt que le groupe diesel requiert, pour être rentable, une production d'énergie "critique" de $255\,000\text{ kWh/an}$, soit $29,1\%$ de la capacité installée, alors que la petite centrale hydro-électrique ne doit produire qu'environ $181\,000\text{ kWh/an}$, soit $20,7\%$ pour travailler rentablement. Ceci permet de conclure qu'une petite centrale hydro-électrique doit être préférée, dans certaines conditions, à un groupe diesel pour la mise en place de réseaux autonomes rentables dans le cadre de programmes d'électrification où il est difficile d'affirmer quel sera le taux d'utilisation des capacités.

Par ailleurs, la comparaison des prix de vente "critiques" des deux options ($0,26$ et $0,45\text{ F}$) révèle que la petite centrale hydro-électrique offre des perspectives nettement plus favorables que le groupe diesel, puisque pour une exploitation à 40% de la capacité en période de démarrage, on pourrait réduire le prix de vente ($0,50\text{ F}$) de près de 50% sans descendre au-dessous de la rentabilité minimum requise pour le projet de petite centrale hydro-électrique.

La méthode des valeurs critiques présente un très grand intérêt, précisément pour les projets de type ER et UR, où l'on a souvent recours à des techniques dont la rentabilité n'a pas (encore) été attestée. Ainsi - en prenant le problème par l'autre bout -, on peut se demander quelles valeurs minimales (maximales) certaines données de base doivent avoir pour qu'un système dépasse le seuil de rentabilité. En procédant de la même manière que pour le calcul des "valeurs critiques", on pourrait par exemple parvenir à déterminer

- a) quel est le prix que l'on doit s'efforcer d'obtenir
- b) quelle durée de vie minimum doit être possible

- c) quel doit être le prix minimum des sources d'énergies alternatives etc. afin qu'un système puisse être mis en oeuvre de façon rentable. Les renseignements ainsi obtenus peuvent contribuer dans une large mesure à l'estimation des perspectives d'avenir d'un système technique et surtout fournir des indications concrètes sur les perfectionnements qu'il convient d'y apporter pour assurer sa réussite.

Etude de cas

"Approvisionnement en électricité d'une petite ville
en réseau autonome"

Avant-propos

L'étude de cas "approvisionnement d'une petite ville en électricité" présentée ci-après a été établie afin de servir, en quelque sorte, de "toile de fond" aux données numériques utilisées dans les exemples de calcul du chapitre C. Ces données ne doivent donc pas être considérées comme le résultat d'études concrètes se rapportant à un site d'implantation déterminé, mais doivent être interprétées comme des valeurs empiriques recueillies dans divers pays en développement.

1. Situation de départ

Une petite ville située dans une région rurale d'un pays en développement est approvisionnée depuis longtemps déjà en énergie électrique à l'aide d'un groupe diesel débittant sur un réseau autonome.

On a constaté, dans le cadre d'une inspection technique, que l'installation se trouvait dans un état d'usure à tel point avancé qu'elle devait impérativement être entièrement remplacée dans les douze mois sous peine de compromettre l'approvisionnement électrique de la localité. La compagnie locale de distribution d'électricité (CDE) se voit donc dans l'obligation de réunir des informations détaillées sur l'investissement de remplacement devenu inévitable.

Pour cela, elle fait appel aux services d'un bureau d'études spécialisé dans ce domaine. Celui-ci constate tout d'abord que, compte tenu de la planification actuelle, la ville ne pourra être raccordée au réseau national dans les vingt années à venir, si bien que l'approvisionnement devra continuer à être assuré en réseau autonome.

Les résultats de l'analyse relative à la consommation actuelle d'électricité font apparaître que les charges de pointe journalières et saisonnières, y compris la réserve nécessaire, sont telles qu'il semble raisonnable de prévoir une installation de 100 kW. Un hôpital étant branché sur le réseau, la production d'électricité doit être assurée en permanence. Pour la première année d'exploitation du nouvel équipement ainsi que pour les années suivantes, les spécialistes du bureau d'études tablent sur une consommation de l'ordre de 350 000 kWh, ce qui correspond à une utilisation de la capacité de 40 % pour un fonctionnement continu. Le prix de vente de l'électricité produite, qui s'élève pour l'installation ancienne à 0,50 F/kWh, ne devra, dans la mesure du possible, subir aucune augmentation.

A l'issue de recherches approfondies, le bureau d'études conclut qu'au lieu d'acheter un nouveau groupe diesel, on pourrait également envisager l'aménagement d'une petite centrale hydro-électrique aux abords de la ville (2 km) afin de couvrir les besoins locaux en électricité.

Afin de préparer la prise de décision en faveur de l'une ou l'autre possibilité, il est prévu d'effectuer une étude de rentabilité des deux systèmes.

2. Récapitulatif des données

A l'issue du dépouillement des offres de diverses entreprises de construction et fournisseurs de matériels et après avoir procédé à la collecte d'informations complémentaires, les spécialistes du bureau d'études constatent que les recettes et dépenses des deux systèmes se présentent de la manière suivante :

a) Petite centrale hydro-électrique

Les flux de liquidités escomptés pour la durée d'utilisation prévisionnelle du projet "petite centrale hydro-électrique" sont indiqués au tableau I/1. Les valeurs prévisionnelles retenues pour les différents postes appellent les commentaires suivants :

0.1 : on admet que le projet sera intégralement financé par des emprunts. Compte tenu du taux d'inflation prévisionnel au niveau national, on a choisi pour la rémunération des capitaux empruntés un taux de rendement réel de 8 % qui sera repris dans les calculs comme taux d'actualisation.

0.2 et 0.3 : Le taux d'inflation général a déjà été pris en considération lors du choix du taux d'actualisation. On prévoit que la hausse des prix énergétiques suivra plus ou moins l'évolution générale des prix.

0.4 : on prévoit que la durée de vie des machines sera de 25 ans et que la valeur de liquidation ou valeur résiduelle couvrira tout juste les frais occasionnés par le démontage.

La durée d'utilisation maximale prévue pour les bâtiments étant de 50 ans, la valeur résiduelle au bout de 25 ans (durée de projet) s'élèvera, en cas d'amortissement linéaire, à 50 % du capital engagé à cette fin. Cependant, la prise en compte de cette valeur résiduelle dans le calcul de rentabilité n'a de sens que si un nouvel investissement est envisagé au bout de 25 ans afin de poursuivre l'utilisation des équipements à des fins similaires. Etant donné qu'il est encore impossible, pour l'instant, d'anticiper une décision sur ce point, on admet que ces équipements seront amortis au bout de 25 ans.

1.1 : La valeur prévisionnelle retenue ici représente la somme des dépenses d'investissement ventilées au tableau I/2. On suppose que pendant la période 0, c'est-à-dire avant la première année d'exploitation, il faudra faire face aux dépenses suivantes :

- a) 20 000 F pour les études et la surveillance du chantier
- b) 240 000 F pour les travaux de terrassement et de génie civil
- c) 40 000 F pour le raccordement de la centrale au réseau électrique local (ligne de moyenne tension de 10 KV, 2 km)
- d) 210 000 F pour les machines
- e) 15 000 F pour le transport des machines jusqu'au port de débarquement convenu situé dans le pays intéressé
- f) 5 000 F pour le transport des machines du port au site d'implantation
- g) 10 000 F pour le montage et la mise en service des machines

Tableau I/1 :

Projet : "Petite centrale hydro-électrique d'une puissance de 100 kW"
- récapitulatif des données -
(en milliers d'unités monétaires : 1 000 F)

N°	Poste	Période					8 % - % - % - %
		Année					
		0	1	2-24	25		
		19	19	19	19		
0.1	Taux d'actualisation						
0.2	Taux d'inflation général						
0.3	Taux d'inflation "énergie"						
0.4	Durée de vie utile de l'installation					25 ans	
1.1	Dépenses d'investissement (total du tableau I/2)					540	
1.2	Valeur résiduelle de l'installation (au bout de 25 années d'utilisation)					0	
2.1	Frais de personnel	-	16,0	16,0	16,0		
2.2	Frais d'entretien et de réparation	-	18,9	18,9	18,9		
2.3	Frais énergétiques						
2.4	Matières consommables						
2.5	Frais administratifs (sans le personnel)	-	5	5	5		
3.1	Impôts et redevances indépendants du bénéfice						
3.2	Dépenses diverses						
3.3	Total des dépenses courantes (2.1 à 3.2)	-	39,9	39,9	39,9		
4.1	Energie fournie (MWh)	-	350	350	350		
	x prix de vente/unité = recettes provenant de la vente de l'énergie	-	0,5	0,5	0,5		
	Energie remplacée (unités)						
	x prix d'achat/unité = économie de frais énergétiques	-	175	175	175		
	Production liée à l'énergie (unités) (par ex. eau potable - m³)						
	x prix/unité = recettes d'exploitation						
4.2	Recettes diverses						
4.3	Subventions						
4.4	Total des recettes courantes (4.1 à 4.3)	-	175,0	175,0	175,0		
5.1	Cash-Flows courants (4.4 - 3.3)	-	135,1	135,1	135,1		
5.2	Amortissements	-	21,6	21,6	21,6		
5.3	Bénéfice (5.1 - 5.2)	-	113,5	113,5	113,5		

Tableau I/2 :

Projet : "Petite centrale hydro-électrique de 100 kW"
 - Récapitulatif des frais d'investissement -
 (en milliers d'unités monétaires = 1 000 F)

Poste	Période	
	Année	19 19
Etudes	20	-
Achat de terrains/Location	-	-
Travaux de terrassement	240	-
Bâtiments	40	-
Raccordement aux réseaux de distribution d'eau, d'électricité et de gaz, aux réseaux d'égouts et aux voies de communication (viabilisation)	200	-
Machines (départ usine)	2	-
- Groupe principal	15	-
- Groupe complémentaire A	5	-
- Groupe complémentaire B (etc.)	10	-
- Equipements d'atelier	-	-
Transport jusqu'au port de débarquement *)	-	-
Transport du port de débarquement/usine jusqu'au site d'implantation*)	-	-
Montage et mise en service	-	-
Frais de douane, impôts, redevances, droits	-	-
Divers	-	-
Total des dépenses d'investissement	540	-

*) Assurance comprise

On suppose qu'il n'y aura pas d'autres dépenses ou que, s'il y en a, elles pourront être absorbées par les autres postes de dépenses, lesquels ont été calculés largement.

1.2 : sur la base de l'hypothèse du poste 0.4, on admet que l'ensemble de l'installation aura, au bout de 25 ans, une valeur résiduelle nulle.

2.1 : on prévoit qu'il faudra employer quatre personnes pour l'exploitation et l'entretien de l'usine ainsi que pour les travaux administratifs. On estime que chaque employé entraînera des charges salariales de l'ordre de 4 000 F par an.

2.2 : les frais annuels d'entretien et de réparation de la petite centrale hydro-électrique sont estimés à 3,5 % des frais d'investissement. Cette estimation tient compte des frais occasionnés par le remplacement répété de pièces d'usure (roues de turbine etc.)

2.5 : les frais administratifs (matériel de bureau, téléphone etc.) sont estimés à 5 000 F par an.

4.1 : on prévoit que la centrale délivrera en moyenne 350 000 kWh par an au prix de 0,50 F/kWh de sorte que l'on peut prévoir des recettes annuelles atteignant 175 000 F.

5.2 : partant de la durée de vie utile prévue pour les installations, on admet que, pour un amortissement linéaire, l'amortissement annuel s'élèvera à 21 600 F.

b) Groupe diesel

Les flux de liquidités prévus pour le projet "groupe diesel" figurent au tableau I/3 (récapitulatif des données). Il convient, pour les divers postes, de préciser ce qui suit :

0.1 : on admet que le projet sera intégralement financé par des emprunts. Compte tenu du taux d'inflation prévisionnel, on a choisi, pour la rémunération des capitaux empruntés, un taux de rendement réel de 8 % qui sera repris dans les calculs comme taux d'actualisation.

0.2 : le taux d'inflation général a déjà été pris en considération lors du choix du taux d'actualisation.

0.3 : on prévoit que la hausse des prix énergétiques suivra plus ou moins l'évolution générale des prix.

0.4 : compte tenu du fait que la production d'électricité devra être assurée en permanence, on estime que l'installation aura une durée d'utilisation de 7 ans environ.

1.1 : la valeur prévisionnelle retenue ici (87 000 F) représente la somme des dépenses d'investissement indiquées au tableau I/4. On suppose que pendant la période 0, c'est-à-dire avant la première année d'exploitation, il faudra faire face aux dépenses suivantes :

a) 2 000 F pour les études et la surveillance du chantier

b) 75 000 F pour l'achat des équipements nécessaires (départ usine)

c) 6 000 F pour le transport du groupe diesel jusqu'au port de débarquement convenu (assurance comprise)

d) 1 000 F pour l'acheminement du groupe jusqu'au site d'implantation

e) 3 000 F pour le montage et la mise en service du groupe diesel

1.2 : on prévoit qu'au bout de 7 ans d'utilisation, la valeur de liquidation globale de divers équipements s'élèvera à 10 000 F.

2.1 : les frais de personnel sont estimés à 16 000 F par an. Cette somme comprend les salaires des employés chargés de l'exploitation et des tâches administratives (au nombre de 3) ainsi que les frais de personnel résultant des inspections et opérations d'entretien.

2.2 : on prévoit que les frais d'entretien et de réparation (matériel unique-ment) s'élèveront à 14 400 F par an. Ce montant englobe le coût des matières consommables (poste 2.4).

2.3 : étant donné que l'installation est appelée à fonctionner le plus souvent en charge partielle, ce qui aura pour effet de diminuer le rendement global, la consommation de gazole a été évaluée à 0,3 l par kWh produit. Partant d'un prix de 1,00 F pour 1 l de gazole (frais de stockage compris), on obtient donc, pour une production prévisionnelle d'électricité de 350 000 kWh par an, des frais énergétiques d'un montant de 105 000 F/an.

2.5 : les frais administratifs (sauf personnel) prévus pour cette option d'investissement sont également estimés à 5 000 F.

4.1 : on prévoit que la CDE vendra en moyenne 350 000 kWh par an au prix de 0,50 F/kWh pendant toute la durée de vie du projet. Les recettes prévisionnelles atteindraient donc 175 000 F.

5.2 : compte tenu des prévisions relatives à la durée d'utilisation de l'installation ainsi qu'à la valeur de liquidation, on admet, pour un amortissement linéaire, un amortissement annuel de 11 000 F.

Tableau I/3 :

Projet : "Groupe diesel de 100 kW"
- récapitulatif des données -
(en milliers d'unités monétaires : 1 000 F)

N°	Poste	Période				
		Année	0	1	2-24	25
0.1	Taux d'actualisation	8 %				
0.2	Taux d'inflation général	- %				
0.3	Taux d'inflation "énergie"	- %				
0.4	Durée de vie utile de l'installation	7 ans				
1.1	Dépenses d'investissement (total du tableau I/4)		87,0	-	-	-
1.2	Valeur résiduelle de l'installation (au bout de 7 années d'utilisation)		-	-	-	10,0
2.1	Frais de personnel		-	16,0	16,0	16,0
2.2	Frais d'entretien et de réparation		-	14,4	14,4	14,4
2.3	Frais énergétiques		-	105,0	105,0	105,0
2.4	Matières consommables		-	-	-	-
2.5	Frais administratifs (sans le personnel)		-	5,0	5,0	5,0
3.1	Impôts et redevances indépendants. du bénéfice		-	-	-	-
3.2	Dépenses diverses		-	-	-	-
3.3	Total des dépenses courantes (2.1 à 3.2)		-	140,4	140,4	140,4
4.1	Energie fournie (MWh) x prix de vente/unité = recettes provenant de la vente de l'énergie		-	350	350	350
	Energie remplacée (unités) x prix d'achat/unité = économie de frais énergétiques		-	0,5	0,5	0,5
	Production liée à l'énergie (unités) (par ex. eau potable - m³) x prix/unité = recettes d'exploitation		-	175,0	175,0	175,0
4.2	Recettes diverses		-	-	-	-
4.3	Subventions		-	-	-	-
4.4	Total des recettes courantes (4.1 à 4.3)		-	175,0	175,0	175,0
5.1	Cash-flows courants (4.4 - 3.3)		-	34,6	34,6	34,6
5.2	Amortissements		-	11,0	11,0	11,0
5.3	Bénéfice (5.1 - 5.2)		-	23,6	23,6	23,6

Tableau I/4 :

Projet : "Groupe diesel de 100 kW"
- Récapitulatif des données -
(en milliers d'unités monétaires - 1 000 F)

Poste	Année	Période						
		0	1	2	3	4	5	6
Etudes		2	-	-	-	-	-	-
Achat de terrains/location		-	-	-	-	-	-	-
Travaux de terrassement		-	-	-	-	-	-	-
Bâtiments		-	-	-	-	-	-	-
Raccordement aux réseaux de distribution d'eau, d'électricité et de gaz, aux réseaux (viabilisation)		-	-	-	-	-	-	-
Machines (départ usine)		75	-	-	-	-	-	-
- Equipements d'atelier		-	-	-	-	-	-	-
Transport jusqu'au port de débarquement *)		6	-	-	-	-	-	-
Transport du port de débarquement/usine jusqu'au site d'implantation *)		1	-	-	-	-	-	-
Montage et mise en service		3	-	-	-	-	-	-
Frais de douane, impôts, redevances, droits divers		-	-	-	-	-	-	-
Total des dépenses d'investissement		87	-	-	-	-	-	-

*) Assurance comprise

3. Résultat des calculs de rentabilité

A la lumière d'une première analyse des résultats effectuée sur la base des données prévisionnelles, il apparaît que les deux projets d'investissement sont techniquement "faisables" et satisfont de plus aux critères de rentabilité. Il va donc s'agir, pour le bureau d'études mandaté par la CDE, de déterminer lequel des deux est le plus rentable. Or, à première vue, il semble impossible de se prononcer de façon nette et définitive. Si la petite centrale hydro-électrique occasionne des dépenses nettement moindres par an et par kWh tout en ayant une valeur actuelle nette beaucoup plus élevée que le groupe diesel, la mise de capital requise pour ce dernier rapportera un intérêt nettement plus élevé que les capitaux nécessaires pour la petite centrale hydro-électrique. Pour venir à bout du problème, les experts du bureau d'études doivent commencer par élucider un certain nombre de questions :

- Les planificateurs savent par expérience que, bien souvent, les décisions en matière d'investissements ne s'orientent pas seulement sur des critères de rentabilité, mais qu'elles prennent également en considération les aspects de financement. Etant donné que le projet de petite centrale hydro-électrique requiert une mise de fonds plus de six fois supérieure (540 000 F) à celle du groupe diesel, le critère de financement pourrait faire rejeter catégoriquement l'option "petite centrale hydro-électrique".
- Les planificateurs savent aussi qu'un choix opéré sur la base de la comparaison du R.O.I. ou du IRR risque d'être erroné lorsque les options - comme c'est ici le cas - requièrent des mises de capital différentes tout en ayant des durées de vie inégales et qu'il est invraisemblable que des fonds puissent toujours être placés à un taux d'intérêt de 36 % (taux de rendement interne du projet "groupe diesel").
- Les planificateurs sont pleinement conscients du fait que les valeurs qu'ils ont attribuées aux recettes et dépenses pendant les durées d'utilisation des équipements comportent inévitablement une part d'incertitude puisqu'il s'agit de prévisions à long terme. Aussi serait-il important qu'ils déterminent les valeurs maximales ou minimales des différents paramètres pour lesquelles les deux options sont encore tout juste rentables. Ces valeurs leur permettraient de se faire une idée du risque inhérent aux deux projets.

Ad a) De premiers entretiens des responsables de la CDE avec les banques de la ville ont révélé que le financement de l'investissement relatif à la petite centrale hydro-électrique était réalisable aux conditions prévues. Après avoir examiné les calculs, les banquiers ont en effet estimé que le projet offrait des perspectives très avantageuses et se sont montrés tout disposés à accorder un crédit à la CDE, celle-ci jouissant d'une solide réputation.

Ad b) Etant donné qu'il est très difficile de choisir entre deux projets présentant des configurations très différentes tant sur le plan de la durée de vie que sur celui de la mise de fonds, les planificateurs tentent tout d'abord de résoudre le problème en comparant non pas les valeurs actuelles nettes mais les annuités des deux projets. La méthode de la valeur actuelle nette favorisant les projets de longue durée, la comparaison serait en effet faussée dès le départ puisque la balance pencherait automatiquement en faveur de la petite centrale hydro-électrique. L'annuité de cette dernière (84 534 F) est très nettement supérieure à celle du groupe diesel (19 007 F). Cela s'explique par le fait que si la rémuné-

Tableau I/5 :

Tableau synoptique des données et indices de rentabilité des projets "petite centrale hydro-électrique" et "groupe diesel"

	Petite centrale hydro-électrique	Groupe diesel
Données du projet :		
Dépenses d'investissement (F)	540 000	87 000
Valeur résiduelle (F)	-	10 000
Durée de vie utile (années)	25	7
Taux d'actualisation (%)	8	8
Dépenses courantes (F/an)	39 900	140 400
Recettes courantes (F/an)	175 000	175 000
Cash-flow courant (F/an)	135 000	34 600
Indices de rentabilité (méthodes comptables)		
Coûts annuels (F)	83 100	155 280
Coût comparatif des coûts (calcul au kWh (F))	0,24	0,44
Annuité de dépenses (F/an)	90 487	155 990
Annuité de dépenses (F/kWh)	0,26	0,45
R.O.I. (%)	42	49
Délai de récupération (années)	4	2,5
Indices de rentabilité (méthodes dynamiques)		
Valeur actuelle nette VAN (F)	902 400	98 958
Taux de rendement interne (%)	25,3	36
Annuité (F/an)	84 534	19 007
Annuité de dépenses (F/kWh)	0,26	0,45
Délai de récupération (années)	5	3

ration des capitaux engagés dans la petite centrale hydro-électrique est plus faible que dans l'autre projet, le montant des capitaux à rémunérer est par contre nettement plus élevé.

Dans un second temps, les planificateurs s'efforcent de déterminer s'il serait possible, pour le cas où le projet groupe diesel serait retenu, d'engager la différence - non négligeable - entre les frais d'investissement des deux projets

dans d'autres projets également rentables. Un entretien mené à ce sujet avec les responsables de la CDE a vite révélé qu'il ne saurait être question pour leur société d'envisager d'autres investissements. Il est ainsi parfaitement clair qu'une décision en faveur du groupe diesel serait une erreur. Il ressort également de l'entretien avec la direction de la CDE que celle-ci, de par ses dispositions statutaires, ne vise pas à réaliser des bénéfices aussi substantiels que possible, mais que sa vocation se limite essentiellement à satisfaire les besoins en électricité de la localité à un tarif avantageux couvrant néanmoins les coûts. Dans ces conditions, la direction de l'entreprise est extrêmement satisfaite d'apprendre que les coûts plus réduits par kWh obtenus grâce à la petite centrale électrique lui permettent d'appliquer une tarification plus différenciée. On espère que ceci donnera une impulsion décisive au développement économique de la ville.

A ceci s'ajoute que la direction de la CDE avait déjà eu, à plusieurs reprises, à surmonter certaines difficultés face à l'augmentation des prix du gazole, difficultés aggravées par l'irrégularité des livraisons. Elle s'était vue dans l'obligation, pour cette dernière raison, d'élargir ses possibilités de stockage, ce qui s'était bien entendu traduit par une augmentation supplémentaire des frais énergétiques. Les responsables de la CDE s'attendent d'ailleurs à ce que cette augmentation se poursuive au cours des années à venir sans pouvoir évidemment savoir s'il sera possible de répercuter le relèvement des prix à la production sur les prix de vente.

Ad c) Pour estimer le risque économique inhérent aux deux projets, les planificateurs calculent, pour finir, les "valeurs critiques" des paramètres pour une valeur actuelle nette VAN=0, c'est-à-dire les valeurs des différents paramètres pour lesquelles la valeur actuelle nette VAN est tout juste égale à zéro. En comparant les "valeurs critiques" ainsi calculées avec les valeurs prévisionnelles des différents paramètres (voir section C.IV, exemples 23 et 24), l'équipe du bureau d'étude parvient à la conclusion que le projet de "petite centrale hydro-électrique" est également préférable au projet "groupe diesel" sous l'angle du risque. Ils ont en effet constaté que la valeur actuelle nette du second projet était très sensible aux variations des facteurs déterminant les recettes et dépenses courantes : les valeurs prévisionnelles sont parfois si proches des "valeurs critiques" - c'est le cas du prix de vente prévisionnel et surtout des frais énergétiques - que les perspectives d'avenir ne pourraient être considérées sans une certaine inquiétude.

Glossaire

Actualisation = escompte
Détermination de la valeur actuelle d'un versement futur.

Affaiblissement du pouvoir d'achat
Dépréciation subie par une somme en raison de la hausse des prix.

Amortissement d'un bien
Dépréciation périodique subie par les biens dépréciables engagés dans un investissement.

Amortissement constant
Remboursement d'une dette par des versements périodiques uniformes.

Amortissement financier
Remboursement de tout ou partie d'une dette.

Amortissement linéaire
Les frais d'acquisition ou de fabrication, amputés de la valeur de liquidation prévisionnelle, sont divisés par le nombre d'années correspondant à la durée d'utilisation prévue. On obtient ainsi un amortissement annuel uniforme. La valeur comptable de l'installation diminue de façon linéaire.

Analyse de sensibilité
Etude effectuée dans le cadre du calcul de rentabilité d'un investissement en vue de déterminer la variation d'un indicateur de rentabilité en fonction de celle d'un paramètre donné.

Break-even point
= seuil de rentabilité

Cash-flow
Flux de liquidités. Ici : série des versements nets pendant la durée d'utilisation d'un investissement

Cash-flow courant
Excédent des recettes sur les dépenses courantes dans une période donnée (année civile généralement).

Composition = capitalisation ou accumulation
Détermination de la valeur actuelle d'un versement passé.

Coûts d'opportunité
En anglais "opportunity costs". Coûts fictifs correspondant aux avantages que l'on pourrait attendre de l'utilisation à d'autres fins de ressources limitées.

Décaissements

Versements effectués par un investisseur à des tiers dans le cadre d'un projet d'investissement.

Délai de récupération (comptable)

Période au cours de laquelle les capitaux investis dans un projet sont récupérés par les cash-flows courants. Synonymes : pay-back-period ou période de recouvrement.

Délai de récupération (dynamique)

Laps de temps nécessaire pour que les capitaux investis dans un projet soient couverts par les cash-flows, ceux-ci étant actualisés à un taux minimum requis. Synonyme : pay-back-period.

Délai de récupération maximal

Laps de temps à l'intérieur duquel un investissement doit être amorti.

Dépréciation

Perte de valeur que subissent les équipements au cours de leur utilisation.

Durée du crédit

Laps de temps convenu avec le bailleur de fonds pour le remboursement du crédit.

Durée d'utilisation

Période pendant laquelle un bien d'investissement est ou doit être économiquement utilisé. La durée d'utilisation peut parfois être plus courte que la durée de vie. En règle générale, on admet cependant que la durée d'utilisation et la durée de vie sont égales.

Durée d'utilisation résiduelle

Écart entre la durée d'utilisation prévue ou effective d'une installation et sa durée de vie. Si la durée d'utilisation coïncide avec la durée de vie, la durée d'utilisation résiduelle est égale à zéro.

Durée de vie

Laps de temps maximal à l'intérieur duquel, pour des raisons d'ordre technique ou autre, un équipement pourra être utilisé.

Durée de vie (technique)

Période maximale pendant laquelle une installation ou certains équipements peuvent être utilisés en raison de leurs caractéristiques techniques.

Encaissements

Versements effectués par des tiers en faveur de l'investisseur dans le cadre d'un projet d'investissement.

Escompte = actualisation

Facteur d'actualisation = facteur d'escompte

Facteur permettant de calculer la valeur actuelle d'un versement futur compte tenu du taux d'actualisation et du nombre d'années.

Facteur d'actualisation d'une série uniforme

Coefficient permettant de calculer la valeur actuelle nette d'une série uniforme de paiements annuels.

Facteur de recouvrement - FR

Facteur permettant de transformer un versement en une série de versements annuels uniformes compte tenu du taux d'actualisation et de la durée d'utilisation.

Financement sur fonds empruntés

Apport de capitaux extérieurs visant à couvrir les besoins en capital d'une entreprise, par exemple pour la réalisation d'un projet d'investissement.

Financement sur fonds propres

Mise à disposition de capitaux appartenant à l'entreprise pour la réalisation de projets d'investissement.

Inflation

Processus de la hausse générale des prix.

Installations ER

Équipements pour l'exploitation de sources d'énergie renouvelables.

Internal rate of return - IRR

= taux de rendement interne

Méthodes comptables

Méthodes permettant de calculer la rentabilité d'un projet d'investissement.

Méthode cumulative

Technique permettant de calculer le délai de récupération.

Méthodes dynamiques

Méthodes permettant de calculer la rentabilité d'un projet d'investissement.

Méthodes des moyennes

Technique de calcul du délai simple de récupération.

Net present value

= valeur actuelle nette.

Pay-back-period

= délai de récupération.

Période de planification

Laps de temps s'écoulant entre la mise en oeuvre et la fin d'un projet d'investissement. La période de planification est supérieure ou égale à la durée d'utilisation.

Prime de risque

Augmentation du taux d'intérêt appliqué pour les calculs lorsque le risque de pertes est particulièrement important.

Récupération

Recouvrement des dépenses d'investissement grâce aux excédents des recettes sur les dépenses courantes.

Service du capital

Remboursement d'une dette majorée des intérêts.

Seuil de rentabilité

Rapport charges/produits à partir duquel un projet d'investissement devient rentable. On parle aussi de point mort ou encore de break-even-point.

Taux d'actualisation

Utilisé pour les méthodes dynamiques de calcul de rentabilité, il correspond au taux d'intérêt minimum devant rémunérer les capitaux engagés pendant la durée du projet.

Taux d'inflation

Augmentation du niveau général des prix exprimée en pourcentage des prix de l'année précédente.

Taux d'intérêt du marché

Taux d'intérêt pratiqué habituellement sur le marché financier pour le placement de capitaux propres ou l'emprunt de fonds compte tenu de la durée de l'opération et des risques encourus.

Taux de hausse des prix

= taux d'inflation.

Taux de rendement réel

Taux du marché financier corrigé de l'inflation.

Taux de rendement interne

= Internal Rate of Return - IRR

Taux de rentabilité minimum

Taux d'intérêt minimum exigé par l'investisseur pour la rémunération des capitaux engagés en moyenne dans un projet.

Technologies ER

Technologies permettant l'exploitation de sources d'énergie renouvelables (Renewable Energies).

Valeur actuelle

Valeur d'un versement passé ou à venir au moment présent, c'est-à-dire généralement avant le démarrage d'un projet d'investissement.

Valeur actuelle nette (VAN)

= net present value : total des valeurs actuelles de tous les versements effectués dans le cadre d'un investissement.

Valeur résiduelle

Différence entre les frais d'acquisition ou de fabrication d'un bien et les amortissements déjà réalisés à une période donnée.

Valeur de liquidation

Recettes obtenues par la vente de biens à une période donnée - généralement en fin de vie utile d'une installation.

Références bibliographiques

- Auer, F. : Heizen mit Wind. Brennst.-Wärme-Kraft 34, (1982) n° 1, Janvier
Blohm, H./ Lüder, K. : Investition. U. Aufl., Editions Franz Vahlen, Munich 1978
Diedrich, H. : Allgemeine Betriebswirtschaftslehre I, 5ème éd., Editions W. Kohlhammer, Stuttgart 1979
Du même auteur : Allgemeine Betriebswirtschaftslehre II, 3ème éd., Editions W. Kohlhammer, Stuttgart 1974
Freris, L. L./ Bolton, H./ Buehring, I. K./ Nicodemou, V. C. : A Low Cost Wind Energy Conversion System for Heating of Domestic Premises. Imperial College, Londres.
Kreditanstalt für Wiederaufbau : Investitionsrechnungen. Frankfurt/Main 1973
Meier, U. : Local Experience with Micro-Hydro Technology. SKAT, Swiss Center for Appropriate Technology. St. Gall 1981
Oelert, G./u.a. : Thermochemical Heat Storage, State-of-the-art-report. Swedish Council for Building Research, Stockholm 1982
Rostock, H. A./ Haarmann, N. : Dynamische Wirtschaftlichkeitsberechnung für den Praktiker. HLH 32, n° 8, Août 1981
Verein Deutscher Ingenieure : Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen. Betriebstechnische und wirtschaftliche Grundlagen. VDI 2067, Bulletin 1, Décembre 1979.

Tables d'intérêts composés

Table 1 : Facteurs d'actualisation : $(1 + \frac{i}{100})^{-t} = q^{-t}$

Table 2 : Facteurs de recouvrement : $FR(i, t) = \frac{q^t (q^{-1})}{q^t - 1}$; $q = 1 + \frac{i}{100}$

Table 3 : Facteurs d'actualisation d'une série uniforme :

$$FA(i, t) = \frac{q^t - 1}{q^t (q - 1)} ; q = 1 + \frac{i}{100}$$

Table 4 : Facteurs de composition : $(1 + \frac{i}{100})^t = q^t$

Table 1 : Facteurs d'actualisation

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
.862	.775	.692	.646	.580	.500	.410	.354	.305	.263	.227	.195	.168	.145	.125	.108	.093	.080	.069	.051	.043	.037	.031	.026	.022	.018	.015	.013	.011	.009	.007
.862	.781	.701	.641	.564	.477	.384	.328	.280	.243	.208	.178	.152	.130	.111	.095	.071	.060	.052	.044	.037	.031	.026	.022	.018	.015	.012	.010	.008	.006	.004
.847	.775	.692	.646	.580	.500	.410	.354	.305	.263	.227	.195	.168	.145	.125	.108	.093	.080	.069	.051	.043	.037	.031	.026	.022	.018	.015	.012	.010	.009	.007
.840	.775	.692	.646	.580	.500	.410	.354	.305	.263	.227	.195	.168	.145	.125	.108	.093	.080	.069	.051	.043	.037	.031	.026	.022	.018	.015	.012	.010	.009	.007
.833	.775	.692	.646	.580	.500	.410	.354	.305	.263	.227	.195	.168	.145	.125	.108	.093	.080	.069	.051	.043	.037	.031	.026	.022	.018	.015	.012	.010	.009	.007
.826	.808	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259	.218	.180	.149	.123	.102	.084	.069	.054	.042	.034	.028	.024	.020	.017	.014	.011	.009	.007	.006	.004	.003
.820	.813	.761	.683	.604	.524	.423	.357	.303	.259																					

Table 1 : Facteurs d'actualisation : $(1 + \frac{i}{100})^{-t} = q^{-t}$

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	.990	.980	.961	.943	.925	.907	.890	.873	.857	.842	.826	.812	.797	.783	.769
2	.980	.961	.943	.925	.907	.890	.873	.857	.842	.826	.812	.797	.783	.769	.756
3	.961	.943	.925	.907	.890	.873	.857	.842	.826	.812	.797	.783	.769	.756	.743
4	.943	.925	.907	.890	.873	.857	.842	.826	.812	.797	.783	.769	.756	.743	.730
5	.925	.907	.890	.873	.857	.842	.826	.812	.797	.783	.769	.756	.743	.730	.717
6	.907	.890	.873	.857	.842	.826	.812	.797	.783	.769	.756	.743	.730	.717	.704
7	.890	.873	.857	.842	.826	.812	.797	.783	.769	.756	.743	.730	.717	.704	.691
8	.873	.857	.842	.826	.812	.797	.783	.769	.756	.743	.730	.717	.704	.691	.678
9	.857	.842	.826	.812	.797	.783	.769	.756	.743	.730	.717	.704	.691	.678	.665
10	.842	.826	.812	.797	.783	.769	.756	.743	.730	.717	.704	.691	.678	.665	.652
11	.826	.812	.797	.783	.769	.756	.743	.730	.717	.704	.691	.678	.665	.652	.639
12	.812	.797	.783	.769	.756	.743	.730	.717	.704	.691	.678	.665	.652	.639	.626
13	.797	.783	.769	.756	.743	.730	.717	.704	.691	.678	.665	.652	.639	.626	.613
14	.783	.769	.756	.743	.730	.717	.704	.691	.678	.665	.652	.639	.626	.613	.600
15	.769	.756	.743	.730	.717	.704	.691	.678	.665	.652	.639	.626	.613	.600	.587

Table 2 : Facteurs de recouvrement

1	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	1.160	1.170	1.180	1.190	1.200	1.210	1.220	1.230	1.240	1.250	1.260	1.270	1.280	1.290	1.300
2	.631	.639	.647	.655	.662	.670	.678	.686	.694	.702	.711	.719	.727	.735	.743
3	.445	.453	.460	.467	.475	.482	.490	.497	.505	.512	.520	.528	.535	.543	.551
4	.367	.365	.372	.379	.386	.394	.401	.408	.416	.423	.431	.439	.446	.454	.462
5	.305	.313	.320	.327	.334	.342	.349	.357	.364	.372	.379	.387	.395	.403	.411
6	.271	.279	.286	.293	.301	.308	.316	.323	.331	.339	.347	.354	.362	.370	.378
7	.256	.262	.268	.277	.285	.293	.301	.308	.316	.324	.332	.340	.348	.357	.365
8	.230	.238	.245	.253	.261	.268	.276	.284	.292	.300	.308	.317	.325	.333	.342
9	.217	.225	.232	.240	.248	.256	.264	.272	.280	.289	.297	.306	.314	.323	.331
10	.207	.215	.223	.230	.239	.247	.255	.263	.272	.280	.289	.297	.306	.315	.323
11	.199	.207	.215	.223	.231	.239	.248	.256	.265	.273	.282	.291	.300	.309	.318
12	.192	.200	.208	.217	.225	.234	.242	.251	.260	.268	.277	.286	.295	.304	.313
13	.187	.195	.204	.212	.221	.229	.238	.247	.256	.265	.274	.283	.292	.301	.310
14	.183	.191	.200	.208	.217	.226	.234	.243	.252	.262	.271	.280	.289	.298	.308
15	.179	.188	.196	.205	.214	.223	.232	.241	.250	.259	.268	.278	.287	.297	.306
16	.176	.185	.194	.203	.211	.220	.228	.237	.246	.257	.267	.276	.285	.295	.305
17	.174	.183	.191	.200	.209	.219	.228	.237	.246	.256	.266	.275	.284	.294	.304
18	.172	.182	.192	.200	.209	.219	.228	.237	.246	.256	.266	.276	.285	.295	.305
19	.172	.182	.192	.200	.209	.219	.228	.237	.246	.256	.266	.276	.285	.295	.305
20	.172	.182	.192	.200	.209	.219	.228	.237	.246	.256	.266	.276	.285	.295	.305
21	.172	.182	.192	.200	.209	.219	.228	.237	.246	.256	.266	.276	.285	.295	.305
22	.172	.182	.192	.200	.209	.219	.228	.237	.246	.256	.266	.276	.285	.295	.305
23	.172	.182	.192	.200	.209	.219	.228	.237	.246	.256	.266	.276	.285	.295	.305
24	.172	.182	.192	.200	.209	.219	.228	.237	.246	.256	.266	.276	.285	.295	.305
25	.172	.182	.192	.200	.209	.219	.228	.237	.246	.256	.266	.276	.285	.295	.305
26	.172	.182	.192	.200	.209	.219	.228	.237	.246	.256	.266	.276	.285	.295	.305
27	.172	.182	.192	.200	.209	.219	.228	.237	.246	.256	.266	.276	.285	.295	.305
28	.172	.182	.192	.200	.209	.219	.228	.237	.246	.256	.266	.276	.285	.295	.305
29	.172	.182	.192	.200	.209	.219	.228	.237	.246	.256	.266	.276	.285	.295	.305
30	.172	.182	.192	.200	.209	.219	.228	.237	.246	.256	.266	.276	.285	.295	.305

Table 2 : Facteurs de recouvrement : $FR(i, t) = \frac{q^t (q^{-1})}{q^t - 1}$; $b = 1 + \frac{1}{100}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.010	1.020	1.030	1.040	1.050	1.060	1.070	1.080	1.090	1.100	1.110	1.120	1.130	1.140
2	.508	.515	.523	.530	.538	.545	.553	.561	.568	.576	.584	.592	.607	.615
3	.340	.347	.354	.360	.367	.374	.381	.388	.395	.402	.409	.416	.431	.438
4	.266	.263	.269	.275	.282	.289	.296	.303	.309	.315	.322	.329	.334	.350
5	.206	.212	.218	.225	.231	.237	.244	.250	.257	.264	.271	.277	.291	.298
6	.173	.179	.185	.191	.197	.203	.210	.216	.223	.230	.236	.243	.250	.264
7	.149	.155	.161	.167	.173	.179	.186	.192	.199	.205	.212	.219	.226	.240
8	.131	.137	.142	.149	.155	.161	.167	.174	.181	.187	.194	.201	.208	.223
9	.117	.123	.128	.133	.139	.144	.150	.156	.162	.168	.174	.181	.188	.202
10	.106	.111	.117	.123	.128	.133	.139	.144	.150	.156	.162	.168	.175	.199
11	.096	.102	.108	.114	.120	.127	.133	.140	.147	.154	.161	.168	.176	.191
12	.089	.096	.102	.107	.113	.119	.126	.133	.140	.147	.154	.161	.169	.184
13	.082	.088	.094	.100	.106	.113	.119	.126	.133	.140	.147	.154	.162	.179
14	.077	.083	.089	.095	.101	.108	.114	.121	.128	.136	.143	.151	.159	.175
15	.072	.078	.084	.090	.096	.103	.110	.117	.124	.131	.139	.147	.155	.171
16	.068	.074	.080	.086	.092	.099	.106	.113	.120	.128	.136	.143	.151	.168
17	.064	.070	.076	.082	.088	.095	.102	.110	.117	.125	.132	.140	.149	.166
18	.061	.067	.073	.079	.085	.092	.099	.107	.114	.122	.130	.138	.146	.163
19	.058	.064	.070	.076	.082	.089	.096	.104	.111	.119	.128	.136	.144	.161
20	.055	.061	.067	.073	.079	.086	.093	.100	.108	.116	.124	.132	.141	.158
21	.053	.059	.065	.071	.078	.085	.092	.100	.108	.116	.124	.132	.141	.160
22	.051	.057	.063	.069	.076	.083	.090	.098	.106	.114	.122	.131	.139	.157
23	.049	.055	.061	.067	.074	.081	.088	.096	.104	.113	.121	.130	.138	.156
24	.047	.053	.059	.066	.072	.079	.087	.095	.103	.111	.120	.128	.137	.155
25	.045	.051	.057	.064	.071	.078	.086	.094	.102	.110	.119	.127	.136	.155
26	.044	.050	.056	.063	.070	.077	.085	.093	.101	.109	.118	.127	.136	.154
27	.042	.048	.054	.061	.068	.076	.083	.091	.099	.108	.117	.126	.135	.154
28	.040	.046	.052	.059	.066	.074	.081	.089	.097	.107	.116	.125	.134	.153
29	.039	.045	.051	.058	.065	.073	.081	.089	.098	.107	.116	.125	.134	.153
30	.039	.045	.051	.058	.065	.073	.081	.089	.098	.107	.116	.125	.134	.153

Table 3 : Facteurs d'actualisation d'une série uniforme :

$$FA(i, t) = \frac{b}{t} \frac{1-b}{1-b^t} ; b = 1 + \frac{i}{100}$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	.990	1.970	2.941	3.902	4.853	5.795	6.728	7.652	8.566	9.471	10.368	11.255	12.134	13.004	13.865
2	.980	1.942	2.884	3.808	4.713	5.601	6.472	7.325	8.162	8.983	9.787	10.575	11.348	12.106	12.849
3	.971	1.913	2.829	3.717	4.580	5.417	6.230	7.020	7.786	8.530	9.253	9.954	10.635	11.296	11.938
4	.962	1.886	2.775	3.630	4.452	5.242	6.002	6.736	7.435	8.111	8.760	9.384	9.986	10.563	11.118
5	.952	1.862	2.723	3.546	4.329	5.076	5.786	6.463	7.108	7.722	8.306	8.863	9.394	9.899	10.380
6	.943	1.833	2.673	3.465	4.212	4.917	5.582	6.210	6.802	7.360	7.887	8.384	8.853	9.295	9.712
7	.935	1.808	2.624	3.387	4.100	4.767	5.389	5.971	6.516	7.024	7.499	7.936	8.338	8.704	9.038
8	.926	1.783	2.577	3.312	3.993	4.623	5.206	5.747	6.247	6.710	7.139	7.536	7.904	8.244	8.559
9	.917	1.759	2.531	3.240	3.880	4.466	5.033	5.565	6.057	6.514	6.937	7.329	7.692	8.031	8.337
10	.909	1.736	2.487	3.170	3.791	4.356	4.888	5.393	5.865	6.306	6.707	7.072	7.414	7.724	8.002
11	.901	1.713	2.444	3.102	3.696	4.231	4.712	5.169	5.597	6.000	6.374	6.722	7.048	7.354	7.632
12	.893	1.690	2.402	3.037	3.605	4.111	4.543	4.982	5.393	5.778	6.134	6.472	6.790	7.088	7.366
13	.885	1.668	2.361	2.974	3.517	4.033	4.428	4.839	5.226	5.590	5.938	6.268	6.582	6.880	7.158
14	.877	1.647	2.322	2.914	3.433	3.917	4.284	4.659	5.016	5.359	5.689	6.004	6.304	6.588	6.856
15	.870	1.626	2.283	2.855	3.352	3.784	4.160	4.487	4.772	5.019	5.234	5.453	5.660	5.842	6.003

Table 3 : Facteurs d'actualisation d'une série uniforme

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	.862	1.605	2.246	2.798	3.274	3.685	3.922	4.034	4.077	4.833	5.029	5.197	5.342	5.468	5.575	5.668	5.749	5.818	5.877	5.925	5.973	6.011	6.044	6.073	6.097	6.118	6.136	6.152	6.166	6.177
2	1.605	1.566	2.144	2.644	3.127	3.498	3.712	3.778	3.822	4.489	4.656	4.793	4.918	5.008	5.092	5.162	5.222	5.273	5.303	5.316	5.353	5.384	5.412	5.436	5.457	5.475	5.492	5.508	5.523	5.535
3	2.246	2.166	2.700	3.190	3.622	3.937	4.078	4.166	4.238	4.866	4.956	5.048	5.118	5.188	5.254	5.302	5.340	5.368	5.392	5.412	5.428	5.441	5.454	5.466	5.477	5.486	5.494	5.501	5.507	5.512
4	2.798	2.644	3.190	3.685	4.034	4.207	4.304	4.364	4.403	4.936	4.988	5.038	5.078	5.108	5.132	5.152	5.168	5.182	5.194	5.205	5.215	5.224	5.232	5.239	5.245	5.250	5.254	5.258	5.261	5.264
5	3.274	3.127	3.622	3.937	4.077	4.166	4.238	4.298	4.337	4.866	4.886	4.906	4.926	4.946	4.966	4.986	4.996	5.006	5.016	5.026	5.036	5.046	5.056	5.066	5.076	5.086	5.096	5.106	5.116	5.126
6	3.685	3.498	3.937	4.034	4.166	4.207	4.304	4.364	4.403	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
7	3.922	3.712	4.078	4.207	4.304	4.364	4.403	4.463	4.492	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
8	4.034	4.034	4.166	4.207	4.304	4.364	4.403	4.463	4.492	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
9	4.077	4.077	4.207	4.304	4.364	4.403	4.463	4.492	4.552	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
10	4.833	4.489	4.866	4.956	4.988	4.988	4.988	4.988	4.988	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
11	5.029	4.866	4.956	4.988	4.988	4.988	4.988	4.988	4.988	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
12	5.197	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
13	5.342	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
14	5.468	5.008	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
15	5.575	5.092	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
16	5.668	5.162	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
17	5.749	5.222	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
18	5.818	5.273	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
19	5.877	5.303	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
20	5.925	5.353	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
21	5.973	5.384	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
22	6.011	5.412	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
23	6.044	5.432	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
24	6.073	5.451	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
25	6.097	5.467	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
26	6.118	5.480	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
27	6.136	5.498	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
28	6.152	5.510	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
29	6.166	5.520	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368
30	6.177	5.529	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.986	4.936	4.956	4.988	5.018	5.048	5.068	5.088	5.108	5.128	5.148	5.168	5.188	5.208	5.228	5.248	5.268	5.288	5.308	5.328	5.348	5.368

Table 4 : Facteurs de composition

1	1.16	1.17	1.37	1.39	1.42	1.44	1.48	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
2	1.35	1.37	1.39	1.39	1.42	1.44	1.48	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
3	1.60	1.64	1.69	1.69	1.87	1.94	2.01	2.07	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	
4	1.81	1.87	1.87	1.87	1.94	2.01	2.07	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	
5	2.10	2.19	2.19	2.19	2.29	2.39	2.49	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	
6	2.44	2.57	2.57	2.57	2.70	2.84	2.99	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	
7	2.83	3.00	3.19	3.38	3.58	3.76	3.93	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
8	3.28	3.51	3.61	3.80	4.02	4.24	4.46	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	
9	3.80	4.11	4.11	4.44	4.79	5.16	5.56	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	
10	4.41	4.81	4.81	5.23	5.69	6.19	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	
11	5.12	5.62	5.62	6.18	6.78	7.43	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	
12	5.94	6.58	6.58	7.29	8.06	8.92	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	
13	6.89	7.70	7.70	8.60	9.60	10.70	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9
14	7.99	9.01	9.01	10.16	11.42	12.84	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	
15	9.27	10.54	10.54	11.97	13.59	15.41	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	
16	10.75	12.33	12.33	14.13	16.17	18.49	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	
17	12.47	14.43	14.43	16.67	19.24	22.19	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	
18	14.46	16.88	16.88	19.67	22.90	26.62	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	
19	16.78	19.75	19.75	23.21	27.25	31.95	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	
20	19.46	23.11	23.11	27.39	32.43	38.34	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	
21	22.57	27.03	27.03	32.32	38.59	46.01	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	54.8	
22	26.19	31.63	31.63	38.14	45.92	55.21	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	66.3	
23	30.38	37.01	37.01	45.01	54.65	66.25	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2	
24	35.24	43.30	43.30	53.11	65.03	79.50	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	
25	40.87	50.66	50.66	62.67	77.39	95.40	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	117.4	
26	47.41	59.27	59.27	73.95	92.09	114.48	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	142.0	
27	56.00	69.35	69.35	87.26	109.59	137.37	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	171.9	
28	63.80	81.13	81.13	102.97	130.41	164.84	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0	
29	74.01	94.93	94.93	121.50	155.19	197.81	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	251.6	
30	85.85	111.06	111.06	143.37	184.68	237.38	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	304.5	

Table 4 : Facteurs de composition : $(1 + \frac{i}{100})^t = q^t$

1	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15
2	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20	1.22	1.24	1.26	1.28	1.30
3	1.03	1.06	1.09	1.12	1.15	1.18	1.21	1.24	1.27	1.30	1.33	1.36	1.39	1.42	1.45
4	1.04	1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36	1.40	1.44	1.48	1.52	1.56	1.60
5	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75
6	1.06	1.13	1.19	1.25	1.31	1.37	1.43	1.49	1.55	1.61	1.67	1.73	1.79	1.85	1.91
7	1.07	1.14	1.19	1.26	1.31	1.37	1.43	1.49	1.55	1.61	1.67	1.73	1.79	1.85	1.91
8	1.08	1.17	1.23	1.28	1.34	1.40	1.46	1.52	1.58	1.64	1.70	1.76	1.82	1.88	1.94
9	1.09	1.19	1.26	1.30	1.36	1.41	1.47	1.53	1.59	1.65	1.71	1.77	1.83	1.89	1.95
10	1.10	1.21	1.33	1.37	1.43	1.48	1.54	1.60	1.66	1.72	1.78	1.84	1.90	1.96	2.02
11	1.11	1.23	1.37	1.41	1.47	1.52	1.58	1.64	1.70	1.76	1.82	1.88	1.94	2.00	2.06
12	1.12	1.25	1.40	1.44	1.50	1.56	1.62	1.68	1.74	1.80	1.86	1.92	1.98	2.04	2.10
13	1.13	1.27	1.43	1.47	1.53	1.59	1.65	1.71	1.77	1.83	1.89	1.95	2.01	2.07	2.13
14	1.14	1.29	1.45	1.49	1.55	1.61	1.67	1.73	1.79	1.85	1.91	1.97	2.03	2.09	2.15
15	1.15	1.30	1.48	1.52	1.58	1.64	1.70	1.76	1.82	1.88	1.94	2.00	2.06	2.12	2.18
16	1.16	1.32	1.51	1.55	1.61	1.67	1.73	1.79	1.85	1.91	1.97	2.03	2.09	2.15	2.21
17	1.17	1.34	1.54	1.58	1.64	1.70	1.76	1.82	1.88	1.94	2.00	2.06	2.12	2.18	2.24
18	1.18	1.36	1.57	1.61	1.67	1.73	1.79	1.85	1.91	1.97	2.03	2.09	2.15	2.21	2.27
19	1.19	1.38	1.60	1.64	1.70	1.76	1.82	1.88	1.94	2.00	2.06	2.12	2.18	2.24	2.30
20	1.20	1.40	1.62	1.66	1.72	1.78	1.84	1.90	1.96	2.02	2.08	2.14	2.20	2.26	2.32
21	1.21	1.42	1.64	1.68	1.74	1.80	1.86	1.92	1.98	2.04	2.10	2.16	2.22	2.28	2.34
22	1.22	1.44	1.66	1.70	1.76	1.82	1.88	1.94	2.00	2.06	2.12	2.18	2.24	2.30	2.36
23	1.23	1.46	1.68	1.72	1.78	1.84	1.90	1.96	2.02	2.08	2.14	2.20	2.26	2.32	2.38
24	1.24	1.48	1.70	1.74	1.80	1.86	1.92	1.98	2.04	2.10	2.16	2.22	2.28	2.34	2.40
25	1.25	1.50	1.72	1.76	1.82	1.88	1.94	2.00	2.06	2.12	2.18	2.24	2.30	2.36	2.42
26	1.26	1.52	1.74	1.78	1.84	1.90	1.96	2.02	2.08	2.14	2.20	2.26	2.32	2.38	2.44
27	1.27	1.53	1.76	1.80	1.86	1.92	1.98	2.04	2.10	2.16	2.22	2.28	2.34	2.40	2.46
28	1.28	1.54	1.78	1.82	1.88	1.94	2.00	2.06	2.12	2.18	2.24	2.30	2.36	2.42	2.48
29	1.29	1.55	1.80	1.84	1.90	1.96	2.02	2.08	2.14	2.20	2.26	2.32	2.38	2.44	2.50
30	1.30	1.56	1.82	1.86	1.92	1.98	2.04	2.10	2.16	2.22	2.28	2.34	2.40	2.46	2.52



Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-2 · D-6236 Eschborn 1 · Telefon (0 61 96) 79-0 · Telex 41523-0-gtz d

La GTZ est une société autonome relevant du Gouvernement fédéral, dont les activités s'inscrivent dans le cadre de la Coopération technique. Dans environ 100 pays d'Afrique, d'Asie, d'Amérique latine, 2200 experts collaborent avec leurs partenaires des pays en voie de développement à la réalisation de projets s'étendant à presque tous les domaines tant de l'agriculture et de la sylviculture, de l'économie et des questions sociales, que de l'infrastructure institutionnelle et matérielle. Les commettants de la GTZ sont, outre le Gouvernement de la République fédérale d'Allemagne, de nombreux autres organismes publics ou semi-publics.

Les activités de la GTZ portent sur les tâches suivantes:

- planifier, mettre en œuvre ou conduire et contrôler, en ayant recours à des spécialistes, des projets et programmes de Coopération Technique avec des partenaires dans les pays en développement;
- conseiller d'autres organismes d'aide au développement (p.ex. organisations allemandes ou étrangères, publiques ou privées);
- chercher, sélectionner, préparer et envoyer sur place du personnel qualifié, puis apporter à ces spécialistes l'appui personnel et technique dont ils ont besoin;
- planifier l'équipement matériel et la logistique des projets, procéder à son acquisition et l'envoyer dans les pays en développement;
- en œuvre mettre les engagements financiers contractés à l'endroit de ses partenaires dans les pays en voie de développement.

La série «**Schriftenreihe der GTZ**» regroupe actuellement environ 180 publications. Pour se procurer la liste de tous les titres parus, veuillez vous adresser à: GTZ, Stabsstelle 02 – Presse- und Öffentlichkeitsarbeit ou encore à

TZ-Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 36, D-6101 Roßdorf 1